



Jogo Multijogador como fator de integração

NUNO ANDRÉ ROCHA NETO

Julho de 2019

Jogo Multijogador como fator de integração

Nuno André Rocha Neto

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática, Área de Especialização em
Sistemas Computacionais**

Orientadora: Paula Maria De Sá Oliveira Escudeiro

Porto, julho 2019

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais pelo acreditar e apoio incondicional durante esta etapa

Resumo

Atualmente a informação é um dado adquirido para a população residente nos países ditos desenvolvidos. Facilmente através de uma pesquisa na internet encontramos informação que outrora seria necessário deslocarmo-nos a uma biblioteca. Conhecimento abre um mundo de oportunidades, mas infelizmente existem grupos como os cegos e os surdos que não tem os mesmos acessos a informação de modo a permitir uma melhoria na sua educação. A educação é uma área critica e um problema mais sério porque o impacto que tem na vida de um cidadão vai desde literacia à autoestima. Em particular, os jogos sérios, têm como objetivo proporcionar uma componente educacional dado que podem ser utilizados nas mais diversas áreas como educação, saúde ou empresarial.

Esta dissertação como objetivo melhorar a inclusão social e a aprendizagem nas pessoas cegas e nas pessoas surdas com recurso ao tema código Morse. Para isso será desenvolvido e testado um jogo sério multijogador que promova a aprendizagem de um tema que apesar de grande das pessoas terem conhecimento, desconhecem o seu funcionamento na prática. Com recurso à voz sintética incorporado nos dispositivos como o PC ou dispositivo *Android* e com recurso a um avatar de língua gestual Portuguesa será possível facilitar a comunicação entre e com estas comunidades em especial. Para responder a este problema foram estudadas formas de comunicação apropriadas que foram implementadas neste projeto não só durante jogos em equipa, mas também no âmbito de uma sala de conversa que se encontra disponível qualquer utilizador no jogo.

Palavras-chave: Jogos Sérios, *Unity*, *Sockets*, *Dynamic Difficulty Adjustment*, Aprendizagem

Abstract

Nowadays information is easily acquired for the resident population in the so-called developed countries. Easily through an internet search we find information that would be necessary to go to a library. Knowledge opens a world of opportunities, but unfortunately there are groups such as the blind and deaf who do not have the same access to information in order to allow an improvement in their education. Education is a critical area and a more serious problem because the impact it has on a citizen's life ranges from literacy to self-esteem. Serious games aim to provide a learning component as they can be used in many different areas such as education, health or business.

This thesis aims to improve social inclusion and learning in blind people and deaf people using Morse code as a theme. With this in mind, a serious game will be developed and tested while promoting a known theme by the general population despite most of them not knowing how it works in practice. With the help of synthetic speech incorporated in devices such as a PC or an Android device and a Portuguese sign language avatar it will be possible to facilitate communication between and with these particular communities. To address this problem, appropriate forms of communication have been studied and implemented in this thesis project within team game mode and a chat room which is available for any user in the game.

Keywords: Serious Games, Unity, Sockets, Dynamic Difficulty Adjustment, Learning

Agradecimentos

Antes demais gostava de agradecer à minha orientadora, a Doutora Paula Escudeiro. Desde o início sempre esteve disponível para me ouvir e aconselhar durante o desenvolvimento do projeto. Agradeço por me ter acolhido no GILT durante o desenvolvimento deste projeto, que foi uma experiência que levarei para sempre comigo. O meu sincero agradecimento por tudo.

À Doutora Ana Barata pelo tempo dispensado em marcar reuniões com a ACAPO que me possibilitou testar a solução presente neste documento, o meu sincero obrigado.

Os colegas do GILT por terem proporcionado um ambiente fantástico que levou a que os meses passassem rápido, quando poderiam muito bem ter sido meses que passariam devagar sendo outro o ambiente, também a vocês fico grato.

Aos meus amigos(as) pelo apoio incondicional, pelas conversas, litros de café, noitadas e sessões de jogos ao mais alto nível que já duram há quase 10 anos. Não vou escrever nomes porque não há ordem possível para vos colocar, aos meus olhos estão todos no mesmo patamar e conhecendo como me conhecem sabem que isso é verdade. Posto isto, também a vocês agradeço por me terem moldado na pessoa que hoje sou.

Para o pessoal da minha antiga instituição onde passei 3 anos de licenciatura que foram importantes na minha formação, aos amigos e colegas que aí conheci também o meu eterno agradecimento. Fica também um especial obrigado para o Doutor Rui Moreira, que numa fase complicada no segundo ano de licenciatura fez-me acreditar nas minhas capacidades e que desde aí muito mudei mentalmente e como pessoa. Foi sempre um professor disponível e preocupado com os seus alunos e que apesar de nunca eu ter agradecido pessoalmente o seu esforço e acompanhamento dado, permanece para a posterioridade neste documento no qual concluo o meu percurso de estudos, o meu sincero agradecimento.

Para os colegas que conheci também nesta instituição durante o mestrado, quer fosse pela positiva ou negativa, o meu obrigado, porque sem vocês também não seria possível concluir esta etapa.

Por fim, deixo o maior dos agradecimentos à minha família. Ao meu pai José Casimiro Pereira Neto e mãe Anabela da Silva Rocha Neto pelo carinho, sacrifícios e motivação, mas principalmente por terem acreditado e apoiado na minha decisão de concluir esta etapa académica. Aos meus avós Mário José de Sousa Neto e Rosalina da Conceição Pereira Paula por terem estado presentes nos momentos de maior felicidade bem como nos piores momentos, mas nunca deixaram de dar palavras de motivação e fazer crer que tinha as capacidades necessárias para atingir os meus objetivos. Aos restantes familiares, também o meu obrigado.

Aos que partiram, ainda que alguns tenha só uma curta memória, o meu obrigado pelo tempo passado e por terem contribuído para a minha pessoa.

A todos mencionados e outros que tenham ficado de fora, o meu sincero e profundo agradecimento.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Contexto e Problema	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Fase de Planeamento	2
1.3.1	Planeamento das Tarefas	2
1.4	Game Design Document	3
1.5	Estrutura do Documento	4
2	Estado de Arte	5
2.1	Comunicação entre Cegos e Surdos	5
2.1.1	Língua Gestual Portuguesa	8
2.2	Promover a Aprendizagem	8
2.3	Universal Design	9
2.3.1	Universal Design for Learning	10
2.4	Inclusive Design.....	11
2.5	Jogos e Jogos Sérios	12
2.5.1	Tacoma.....	14
2.5.2	Moss.....	15
2.5.3	Tablecraft	15
2.5.4	A Blind Legend	16
2.6	Motores de Jogo em Tempo Real	17
2.6.1	Unreal Engine	17
2.6.2	Unity.....	18
2.7	Dynamic Difficulty Adjustment	19
2.8	Comunicação entre Cliente e Servidor	20
3	Análise de Valor	23
3.1	Proposta de Valor	23
3.2	Modelo New Concept Development	24
3.3	Analytic Hierarchy Process (AHP).....	26
3.3.1	Fase 1 - Construção da árvore hierárquica de decisão	27
3.3.2	Fase 2 - Comparação das alternativas e critérios	28
3.3.3	Fase 3 - Prioridade relativa de cada critério	29
3.3.4	Fase 4 - Avaliar a consistência das prioridades relativas.....	29
3.3.5	Fase 5 - Construção da matriz de comparação paritária para cada critério....	31
3.3.6	Fase 6 - Obter a prioridade composta para as alternativas.....	32
3.3.7	Fase 7 - Escolha da alternativa	33
3.4	Modelo de Negócio CANVAS.....	33

4	Avaliação de Abordagens e Design	35
4.1	Componentes do Jogo Sério	35
4.2	Tecnologias Utilizadas	36
5	Desenho e Implementação da Solução	39
5.1	Arquitetura da Solução	39
5.1.1	Vista de Implementação	40
5.1.2	Requisitos Funcionais e Casos de Uso	44
5.1.3	Base de Dados.....	45
5.1.4	Fluxograma	46
5.1.5	Regras e Mecânicas do Jogo	47
5.1.6	Tabela de ações	48
5.2	Implementação	49
5.2.1	Acessibilidade.....	49
5.2.2	Storyboard	50
5.2.3	Modos de jogo detalhados	57
5.2.4	Servidor	60
6	Experimentação e Avaliação	65
6.1	Hipótese.....	65
6.2	Grandezas de Avaliação	66
6.2.1	Quantitative Evaluation Framework	66
6.3	Metodologia de Avaliação	71
6.4	Análise dos Resultados.....	72
6.4.1	Análise da Dimensão Técnica	73
6.4.2	Análise da Dimensão Ergon�mica.....	74
6.4.3	Análise da Dimensão Pedagógica	76
6.5	Artigo Científico	77
6.6	Trabalho futuro	78
7	Conclusão	79

Lista de Figuras

Figura 1 – Diagrama de Gantt	3
Figura 2 – Taxonomia de Bloom.....	8
Figura 3 – Taxonomia sugerida para os Jogos Sérios (adaptada de Sawyer & Smith, 2008)	13
Figura 4 – Inserção de palavra passe no jogo <i>Tacoma</i>	14
Figura 5 – Quill em <i>Moss</i>	15
Figura 6 – Tabela periódica vista por realidade virtual em <i>Tablecraft</i>	15
Figura 7 – Ecrã inicial em <i>A Blind Legend</i>	16
Figura 8 – Ambiente de trabalho em Unreal Engine.....	17
Figura 9 – Ambiente de trabalho em Unity.....	18
Figura 10 – Conexão TCP durante a leitura de uma página web	20
Figura 11 – Processo de Inovação do Produto (Koen <i>et al.</i> , 2002)	24
Figura 12 – O modelo <i>New Concept Development</i> (Koen <i>et al.</i> , 2002).....	25
Figura 13 – Divisão Hierárquica utilizando o método AHP	27
Figura 14 – Diagrama de comparação de prioridades relativas de cada critério e subcritérios	32
Figura 15 – Modelo de Negócio CANVAS.....	34
Figura 16 – Diagrama de componentes representativo do sistema/ <i>framework</i>	40
Figura 17 – Progressão de um jogador ao longo do tempo num jogo.....	43
Figura 18 – Diagrama de casos de uso	45
Figura 19 – Tabelas da base de dados.....	45
Figura 20 – Fluxograma de ações do utilizador no Morseline	46
Figura 21 – Escolha de suporte auditivo(esquerda), visual (centro), ou sem qualquer suporte adicional (direita)	49
Figura 22 – Menu Inicial com acessibilidade por Língua Gestual Portuguesa	51
Figura 23 – Menu Inicial sem modo de acessibilidade utilizando Android.....	51
Figura 24 –Storyboard do menu de aprendizagem de código Morse	52
Figura 25 –Storyboard do menu da história do código Morse	53
Figura 26 – Storyboard da Sala de Conversa.....	53
Figura 27 – Storyboard das opções de jogo	54
Figura 28 – Storyboard das opções de jogo.....	54
Figura 29 – Storyboard dos modos de jogo	55
Figura 30 – Storyboard do modo de jogo 1 contra 1	55
Figura 31 – Storyboard do modo de jogo em equipa	56
Figura 32 – Storyboard do modo de jogo com 4 jogadores.....	56
Figura 33 – Vista geral do mapa de jogo com os quatro <i>checkpoints</i>	57
Figura 34 – Exemplo de um checkpoint através da interface apresentada a um utilizador sem acessibilidades ao utilizar um PC (esquerda) e a interface apresentada com curso a língua gestual (direita) utilizando um dispositivo <i>Android</i>	57
Figura 35 – Exemplo de interface apresentada aos utilizadores sem acessibilidades ativas	58
Figura 36 – Exemplo de interface apresentada aos utilizadores sem acessibilidades ativas	59
Figura 37 – Painel de Controlo das máquinas virtuais criadas no AWS	60

Figura 38 – <i>Filezilla</i> GUI com ficheiros locais (esquerda) e ficheiros no servidor <i>online</i> (direita)	
.....	61
Figura 39 – Estrutura das pastas relacionadas com o servidor	61
Figura 40 – Ficheiro de configuração <i>docker-compose.yml</i> utilizado	62
Figura 41 – Excerto de código referente à entrada num modo de jogo	63

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Formas de comunicação para pessoas com necessidades específicas (Rastogi, Mittal & Agarwal, 2015).....	6
Tabela 2 – Diferenças principais entre <i>WebSocket</i> e <i>Socket.IO</i> (Adaptado de EDUCBA, 2018)	21
Tabela 3 – Escala Fundamental, níveis de importância de comparações (Saaty, 1980).....	28
Tabela 4 – Matriz de comparação entre critérios (AHP).....	28
Tabela 5 – Matriz de comparação dos critérios do segundo nível	29
Tabela 6 – Matriz normalizada dos critérios do segundo nível	29
Tabela 7 – Prioridade Relativa (Vetor Prioridade)	29
Tabela 8 – Tabela de Índices (Saaty, 1980)	30
Tabela 9 – Matriz de comparação paritária do critério Desempenho	31
Tabela 10 – Matriz de comparação paritária do critério Desempenho normalizada	31
Tabela 11 – Matriz de comparação paritária do critério Motivação	31
Tabela 12 – Matriz de comparação paritária do critério Motivação normalizada	31
Tabela 13 – Matriz de comparação paritária do critério Saturação	32
Tabela 14 – Matriz de comparação paritária do critério Saturação normalizada	32
Tabela 15 – Código Morse associado a cada uma das dificuldades.....	47
Tabela 16 – Tabela de ações do jogo sério	48
Tabela 17 – Controlos de navegação durante os menus e jogo	50
Tabela 18 – DDA adaptativo durante a jogabilidade do Morseline	59
Tabela 19 – Payoff Matrix	60
Tabela 20 – Versão simplificada com as dimensões e fatores do QEF	66
Tabela 21 – Quantitative Evaluation Framework (QEF) referente ao Morseline	68

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Gráfico sobre o número de pessoas que jogaram jogos no último ano.....	71
Gráfico 1 – Gráfico sobre o dispositivo preferido para jogar.....	71
Gráfico 2 - Valor quantitativo médio das respostas dadas pelos inquiridos	73
Gráfico 3 – Maior consenso entre os inquiridos na dimensão técnica.....	74
Gráfico 4 – Menor consenso entre os inquiridos na dimensão técnica.....	74
Gráfico 5 – Maior consenso entre os inquiridos na dimensão ergonómica	75
Gráfico 6 – Menor consenso entre os inquiridos na dimensão ergonómica	75
Gráfico 7 – Menor consenso entre os inquiridos na dimensão pedagógica.....	76
Gráfico 8 – Menor consenso entre os inquiridos na dimensão pedagógica.....	77

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

ACAPO	Associação dos Cegos e Amblíopes de Portugal
AHP	Analytic Hierarchy Process
API	Application Programming Interface
CAST	Center for Applied Special Technology
DDA	Dynamic Difficulty Adjustment
E3	Electronic Entertainment Expo
FEI	Front End of Innovation
GDD	Game Design Document
GILT	Graphics Interaction Learning Technologies
LGP	Língua Gestual Portuguesa
I/ITSEC	Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference
MCCSIS	Multi Conference on Computer Science and Information Systems
NPPD	New Product and Process Development
NCD	New Concept Development
WCAG	Web Content Accessibility Guidelines

Lista de Símbolos

\$	Dollar
€	Euro

1 Introdução

Este documento, referente à unidade curricular de Tese/Dissertação/Estágio (TMDEI), pretende dar resposta às perguntas relacionadas com o desenvolvimento do jogo sério multijogador, bem como todos os componentes agregados a uma dissertação que permitiram culminar numa solução prática.

1.1 Contexto e Problema

Promover a igualdade de oportunidades e a inclusão social das pessoas com deficiência é uma preocupação das sociedades modernas e do espaço Europeu (FCT/ COMPETE2020 – project ACE¹ ref: PTDC/IVC-COM/5869/2014, POCI-01-0145-FEDER-016584). A evolução da ciência e a disponibilidade de novas tecnologias permitem encontrar soluções para problemas crónicos. No acesso dos surdos ou cegos aos serviços públicos, por exemplo, pode ser difícil comunicar eficientemente.

A educação é outra área crítica e um problema mais sério. A educação tem um grande impacto na vida dos cidadãos. Barreiras à educação limitam oportunidades futuras. Qualquer contribuição para eliminar estas, promove a equidade. Um contato direto com a área de jogos sérios estimula a aprendizagem e o pensamento crítico. Apesar da relevância dos jogos sérios ao nível comunicacional e de inclusão social, não existe uma panóplia de escolha para as pessoas com deficiência.

O jogo sério multijogador desenvolvido no âmbito desta dissertação, intitulado de Morseline, que foi desenvolvido com contributo do grupo de investigação GILT (*Graphics Interaction and Learning Technologies*), irá contribuir para melhorar a inclusão social e o acesso à educação das pessoas surdas e cegas através da aprendizagem de código Morse. Apesar de alguma percentagem da população saber o que é código Morse, não sabe como o aplicar, daí, permitindo que todas as comunidades na sua grande maioria comecem no mesmo patamar de aprendizagem, é um meio de promover equidade.

¹ ACE - Assisted Communication for Education

1.2 Objetivos

O objetivo como referido, passa por melhorar a inclusão social das pessoas surdas e cegas através de um jogo sério que promova a aprendizagem, mais precisamente utilizando código Morse. Para tal será desenhado, desenvolvido, testado e validado um jogo sério multijogador com base nesse tema. Também serão investigados vários trabalhos científicos relacionados com a comunicação entre e com estas comunidades (ver secção 2.1) e que tipos de desenhos de interface (cf. Secção 2.3 e secção 2.4) devem ser tidos em conta durante o desenvolvimento de um jogo sério com vista este público-alvo. Será também realizado um levantamento de jogos ou jogos sérios (cf. Secção 2.5), assim como motores de jogo (cf. Secção 2.6) que permitam implementar e exportar os jogos. O jogo sério multijogador desenvolvido terá também implementada uma componente denominada de *Dynamic Difficulty Adjustment* (DDA) que se encontra detalhada no capítulo 2.7. Por fim, tendo em conta que o jogo será multijogador, são investigadas ferramentas que permitem realizar comunicações entre o jogo e o servidor (cf. Secção 2.8).

Durante a fase de desenvolvimento, o jogo será testado com o público alvo, sendo que no caso dos utilizadores cegos, as sessões de teste serão na ACAPO (Associação dos Cegos e Amblíopes de Portugal) localizada no Porto.

No final de cada sessão de teste, será apresentado um inquérito para aferir se a implementação do jogo se encontra dentro dos parâmetros pretendidos para cada segmentação do público alvo.

1.3 Fase de Planeamento

Esta dissertação foi estruturada com base num planeamento efetuado num diagrama de Gantt para planeamento temporal e um *Game Design Document* (cf. Secção 1.4) que refere o desenho e implementação da solução (cf. secção 5) entre outros pontos bem descritos que são inerentes à construção de um jogo.

1.3.1 Planeamento das Tarefas

Tendo como base os objetivos estipulados (cf. Secção 1.2), foi delineado um diagrama de Gantt com base no modelo desenvolvido por Henry Gantt em 1917. Apesar de haver alguma liberdade durante o desenvolvimento do projeto, todas as funcionalidades e progresso do jogo eram acompanhadas pela orientadora. Todo o desenvolvimento do projeto encontra-se catalogado num repositório com recurso ao *GitLab*. O *Gitlab* permite a gestão de versões do projeto bem como guardar todo o código fonte desenvolvido.

A primeira fase do projeto incidiu na familiarização e conhecimento do tema dos jogos sérios e como os implementar tendo em conta as necessidades de acessibilidades da população cega e surda. Foram estudadas metodologias relevantes para esse efeito levantadas durante o estado de arte (cf. Secção 2), bem como os meios necessários de comunicação para desenvolver a componente multijogador *online* a implementar no jogo. Também nesta fase foram delineados os requisitos funcionais a serem implementados.

Na segunda fase do projeto, com início a 5 de março de 2019, iniciou-se o desenvolvimento da componente *online* do jogo. No início foi desenhada a base de dados, que se encontra representada mais detalhadamente na secção relativa ao desenho e implementação da solução (cf. Secção 5.1.3), onde os dados considerados para persistência associados ao jogo encontram-se guardados. Posteriormente seguiu-se o desenvolvimento do lado servidor com recurso à biblioteca *Socket.IO* (cf. Secção 2.8) implementado em *NodeJS*, que se manteve até à implementação do último modo de jogo.

Durante a esta segunda fase, iniciou-se também o desenvolvimento do jogo em *Unity* após o lado do servidor encontrar-se estável. Com a evolução no desenvolvimento do jogo, o lado do servidor também sofreu alterações resultantes de melhorias ou correções.

Na terceira e última fase, incidiu a elaboração do material necessário inerentes ao projeto. Desde a documentação do código, melhorias e alterações do presente documento derivadas do conhecimento adquirido durante a elaboração do projeto que foram consideradas relevantes, bem como inquéritos realizados ao público alvo para perceber se o desenvolvimento ia ao encontro das necessidades de acessibilidade. A Figura 1 apresenta as três fases de desenvolvimento em mais detalhe.

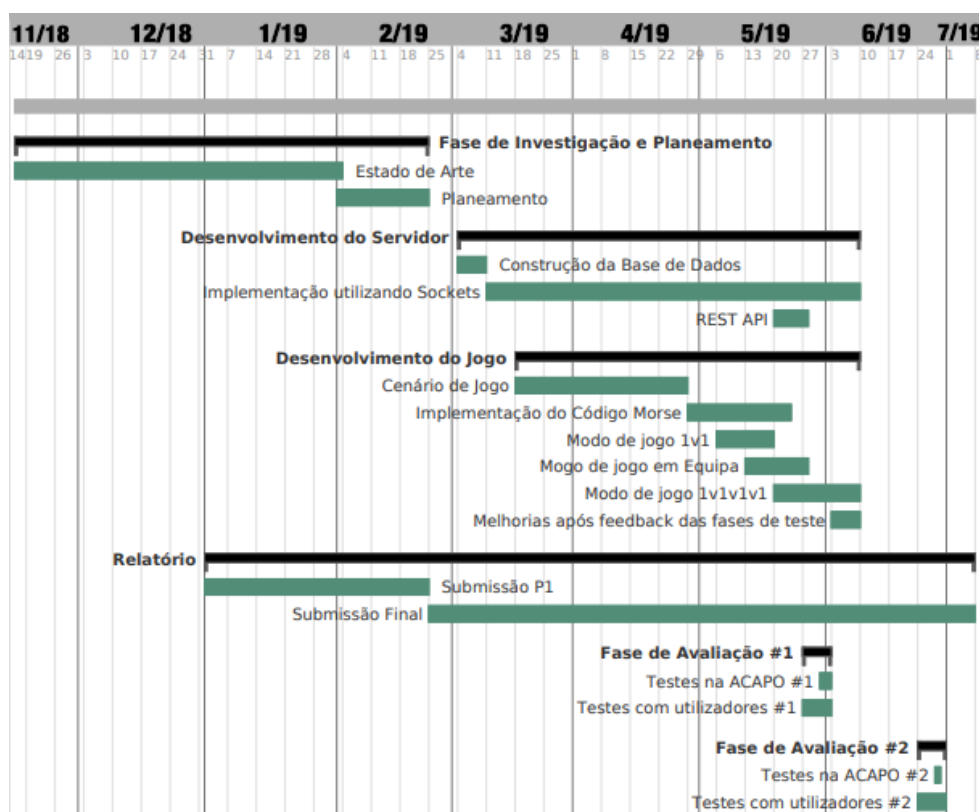


Figura 1 – Diagrama de Gantt

1.4 Game Design Document

Durante a fase de planeamento do projeto, foi definido que iria contemplar um *game design document* (GDD). O objetivo é apresentar tudo o funcionamento do sistema/*framework* que

culminou num jogo sério, nomeadamente desde a planificação até à sua construção através de processos e esquemas que serão apresentados de seguida e detalhados ao longo da Secção 5, desde a fase de desenho da solução até à sua implementação. Os pontos que contemplam o *game design document* são os seguintes: Fluxo do jogo e DDA, Diagrama de Casos de Uso, Fluxograma do jogo, Regras e Mecânicas do Jogo, Tabela de ações, *Storyboard*, *Payoff Matrix*. Por fim, de modo a avaliar se a qualidade e desempenho do jogo sério desenvolvido foi adequada, será realizada uma análise recorrendo à *Quantitative Evaluation Framework* (QEF).

1.5 Estrutura do Documento

O documento encontra-se organizado em sete capítulos, que constituem o corpo principal da dissertação, seguida por um capítulo de referências e anexos.

O primeiro capítulo (cf. Secção 1) destina-se a introduzir o problema referente a este projeto, objetivos, planeamento com todas as fases do desenvolvimento desta dissertação e por fim uma síntese da estrutura do documento.

No segundo capítulo (cf. Secção 2) deste documento, é realizada uma recolha de informação inerente ao tema deste projeto de modo a realizar um estado de arte sobre a área dos jogos sérios, o *dynamic difficulty adjustment*, comunicação entre cliente e servidor, e sobre os meios atingidos para a inclusão de pessoas cegas e surdas na sociedade.

O terceiro capítulo (cf. Secção 3) aborda a análise de valor do negócio, processos de escolha deste projeto tendo em conta fatores como o desempenho do jogo sério, motivação para o desenvolvimento do mesmo e a saturação de mercado na panóplia de escolhas.

Relativamente ao quarto capítulo (cf. Secção 4), são avaliadas as escolhas dos componentes inerentes ao projeto. Alternativas são analisadas de modo a chegar a um consenso sobre as tecnologias a utilizar e os componentes a serem implementados no jogo sério.

Sobre o quinto capítulo (cf. Secção 5) deste documento é demonstrado um desenho da solução bem como a sua implementação final. São abordadas e detalhadas as funcionalidades do projeto bem como os meios necessários para as atingir. São apresentados componentes inerentes ao GDD como o fluxo do jogo sério com recurso ao DDA, o fluxograma que compõe o jogo e *storyboard*.

No sexto capítulo (cf. Secção 6) deste documento, são testadas duas hipóteses que servirão de apoio à solução final de modo a verificar se o projeto foi bem-sucedido. Nesta fase também são discutidos os resultados obtidos com recurso ao QEF e a inquéritos apresentados durante a fase de testes.

Por fim, no sétimo capítulo (cf. Secção 7), refere as conclusões retiradas durante o desenvolvimento da solução apresentada nesta dissertação.

Existem no final ainda duas secções, uma que contém as referências utilizadas (cf. Referências) durante a escrita deste documento e por fim os anexos que suplementam a informação presente neste documento.

2 Estado de Arte

Durante a fase de investigação sobre o estado de arte da matéria dos jogos sérios incluindo pessoas cegas e surdas foram investigados vários trabalhos científicos bem como projetos desenvolvidos em prol destas comunidades de modo a melhorar substancialmente o seu direito à integração social.

2.1 Comunicação entre Cegos e Surdos

A comunicação entre a comunidade de pessoas cegas e as pessoas surdas nunca foi simples de atingir, principalmente nos tempos em que não existiam avanços tecnológicos suficientes que permitissem criar um fácil contato entre ambos. Felizmente atualmente existem meios, via ferramentas como sensores de movimento, *text-to-speech* e *speech-to-text* que sendo bem implementados podem assistir a essa comunicação através de *software* desenvolvido para esse efeito. Embora como a língua gestual varia de país para país, tal como o idioma, um *software* complexo para um nicho tão pequeno de mercado acaba por tornar o seu desenvolvimento pouco atrativo.

Embora, de acordo com a *World Health Organization*, em 2018 o número de pessoas com deficiência visual era de 189 milhões de pessoas enquanto que as pessoas com perda auditiva eram de 466 milhões. Uma grande porção da população sofre de falta necessidades de acessibilidade adequadas, daí que a literacia digital seja cada vez mais pertinente.

Em 2015, um instrumento protótipo, *Sharojan Bridge* (Rastogi, Mittal & Agarwal, 2015) foi proposto de modo a facilitar a comunicação entre as pessoas com deficiência com base na extensão das suas habilidades. Este aparelho apresenta vários tipos de entrada e saída de informação que combina as comunidades cegas, mudas, surdas, cegas-mudas, surdas-mudas e as pessoas sem qualquer deficiência.

Combinações essas que se apresentam descritas na seguinte tabela, foram traduzidas pelo autor deste documento, cuja origem dessa informação é o modelo proposto por Rohit Rastogi, Shashank Mittal e Sajan Agarwal.

Tabela 1 –Formas de comunicação para pessoas com necessidades específicas (Rastogi, Mittal & Agarwal, 2015)

	Tipo de Comunicação	Mensagem de A	Resposta de B
1	Pessoa normal A para Pessoa cega B	Mensagem áudio enviada por A.	Mensagem áudio enviada por B.
2	Pessoa normal A para Pessoa muda B	Mensagem áudio enviada por A.	Mensagem de texto enviada por B, convertida em áudio ou texto.
3	Pessoa normal A para Pessoa cega e muda B	Mensagem áudio enviada por A.	Mensagem braille enviada por B, convertida para áudio ou texto.
4	Pessoa normal A para Pessoa surda e muda B	Mensagem áudio enviada por A, convertida em texto.	Mensagem de texto enviada por B, convertida em áudio ou texto.
5	Pessoa cega A para Pessoa cega B	Mensagem áudio enviada por A.	Mensagem áudio enviada por B.
6	Pessoa cega A para Pessoa muda B	Mensagem áudio enviada por A.	Mensagem de texto enviada por B, convertida para áudio.
7	Pessoa cega A para Pessoa surda e muda B	Mensagem áudio enviada por A, convertida em texto.	Mensagem de texto enviada por B, convertida para áudio.
8	Pessoa muda A para Pessoa cega B	Mensagem de texto de A convertida para áudio.	Mensagem áudio enviada por B.
9	Pessoa muda A para Pessoa muda B	Mensagem de texto de A convertida para áudio.	Mensagem de texto enviada por B, convertida para áudio.
10	Pessoa muda A para Pessoa surda e muda B	Mensagem de texto enviada por A.	Mensagem de texto enviada por B.
11	Pessoa surda e muda A para Pessoa cega B	Mensagem de texto de A convertida para áudio.	Mensagem de áudio enviada por B, convertida em texto.
12	Pessoa surda e muda A para Pessoa surda e muda B	Mensagem de texto enviada por A.	Mensagem de texto enviada por B.
13	Pessoa surda e muda A para Pessoa muda B	Mensagem de texto enviada por A.	Mensagem de texto enviada por B.

14	Pessoa cega e muda A para Pessoa cega B	Mensagem em Braille enviada por A.	Mensagem áudio enviada por B.
15	Pessoa cega e muda A para Pessoa muda B	Mensagem em Braille enviada por A, convertida em áudio ou texto.	Mensagem texto enviada por B, convertida em Braille ou áudio
16	Pessoa cega e muda A para Pessoa surda e muda B	Mensagem em Braille enviada por A, convertida em texto.	Mensagem texto enviada por B, convertida em Braille ou áudio
17	Pessoa cega e muda A para Pessoa normal B	Mensagem em Braille enviada por A, convertida em texto.	Mensagem áudio enviada por B.
18	Pessoa surda e muda A para Pessoa normal B	Mensagem de texto enviada por A.	Mensagem áudio enviada por B, convertida em texto.
19	Pessoa cega, surda e muda A para Pessoa cega B	Mensagem em Braille enviada por A.	Mensagem em Braille enviada por B.
20	Pessoa cega, surda e muda A para Pessoa surda e muda B	Mensagem em Braille enviada por A, convertida em texto.	Mensagem texto enviada por B, convertida em Braille.
21	Pessoa cega, surda e muda A para Pessoa muda B	Mensagem em Braille enviada por A, convertida em áudio ou texto.	Mensagem texto enviada por B, convertida em Braille.
22	Pessoa cega, surda e muda A para Pessoa normal B	Mensagem em Braille enviada por A, convertida em áudio ou texto.	Mensagem texto enviada por B, convertida em Braille.
23	Pessoa cega, surda e muda A para Pessoa cega e muda B	Mensagem em Braille enviada por A.	Mensagem em Braille enviada por B.
24	Pessoa cega, surda e muda A para Pessoa cega, surda e muda B	Mensagem em Braille enviada por A.	Mensagem em Braille enviada por B.

Com recurso a uma luva sensorial, juntamente com sensores de flexibilidade, tato, aceleração e microcontroladores como o *Arduino* foi possível desenvolver um sistema para realizar estas comunicações da maneira mais apropriada (Rastogi, Mittal & Agarwal, 2015).

No entanto, existiram algumas limitações como o peso e grossura dos dispositivos porque tanto a luva como o *Arduino* estão interligados de modo a converter as comunicações. Outro contratempo foram as comunicações longa distancia que obrigavam o conhecimento de língua gestual e Braille de modo a enviar e rececionar uma mensagem (Rastogi, Mittal & Agarwal, 2015).

2.1.1 Língua Gestual Portuguesa

Em Portugal, “segundo os censos de 2011, existem cerca de 533.000 pessoas com problemas auditivos, estimando-se – de acordo com informação prestada pelo Serviin² – que 120.000 são surdos de nascença ou que ficaram surdos na primeira infância” (CM-SJM, 2018).

O ensino de língua gestual portuguesa iniciou-se em Setúbal, no entanto nos últimos anos, Coimbra e Porto passaram a ter o ensino de língua gestual portuguesa nas suas Escolas Superiores de Educação.

No dia 15 de novembro de 2018, data comemorativa do Dia Nacional da Língua Gestual Portuguesa, a Porto Editora decidiu premiar a comunidade surda ao disponibilizar *online* o único (até ao momento da escrita deste documento) dicionário de Língua Gestual Portuguesa.

O mesmo conta com “mais de 5300 entradas, todas devidamente acompanhadas de vídeo demonstrativo, e é de consulta muito fácil, nomeadamente através do telemóvel e outros dispositivos móveis” (Porto Editora, 2018)

2.2 Promover a Aprendizagem

De modo a promover aprendizagem na comunidade cega e comunidade surda é necessário entender qual o melhor método para desenvolver um meio de interação. Através da taxonomia desenvolvida por Bloom, é possível aplicá-la a várias áreas e não só ao conhecimento (Tabrizi & Rideout, 2017). Esta taxonomia foi aplicada em áreas como aprendizagem ou objetivos concretos em conhecimento, psicomotor ou objetivos baseados em habilidade individual e valor ou objetivos baseados em emoções (Tabrizi & Rideout, 2017).

Na versão revista da taxonomia de Bloom (Krathwohl, 2002) existem seis níveis para o domínio base do conhecimento no modelo cognitivo: memorizar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar (ver Figura 2).

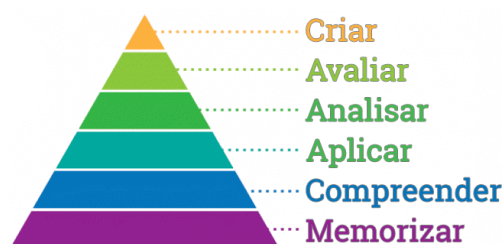


Figura 2 – Taxonomia de Bloom

Estes níveis aumentam em complexidade à medida que o nível de abstração também aumenta. O primeiro nível, “memorizar”, permite averiguar se o público-alvo adquiriu algum conhecimento básico, fazendo perguntas sobre alguns dos conceitos apresentados. Após o estudante mostrar que o seu conhecimento é verdadeiro, é possível avançar para o próximo ponto da taxonomia.

² Serviço de vídeo-interpretação disponibilizado pelo Portal do Cidadão Surdo.

No nível seguinte, “compreender”, o público-alvo é capaz de explicar o conhecimento adquirido através das suas palavras. Os tipos de pergunta de modo a testar esse conhecimento devem ser claras para seja possível concluir que o público-alvo entendeu o conteúdo e não o memorizou.

De seguida, o terceiro nível, “aplicar”, admite que a matéria apresentada tem de ser aplicada. Através de um jogo sério baseado em aprendizagem é possível colocar esses conhecimentos em ação. Atualmente a área dos jogos sérios é um tema interessante que tem vindo a ganhar importância nos últimos tempos. Essa área será posteriormente explorada (cf. Secção 2.5).

O quarto nível, referente a “analisar” um conceito, leva a que o público-alvo seja capaz de comunicar devidamente e explorar outras formas de aprendizagem de modo a incutir esse conhecimento a outros utilizadores, permitindo assim que “os aprendizes tomem controlo sobre o seu processo de desenvolvimento. A preparação recebida tem assim um maior significado e principalmente, um grande impacto” (Growth Engineering, 2019).

De seguida, o quinto nível referente a “avaliar” (Growth Engineering, 2019) é passível de se afirmar que o estudante é capaz de prestar tutoria a outros estudantes que se encontrem nos níveis mais baixos. O mesmo é capaz de expressar opiniões sobre informações, ideias ou a qualidade de trabalhos que lhe são apresentados.

Por fim, “criar” (Growth Engineering, 2019), significa que o estudante é capaz de exercer a responsabilidade de inovar ou planear formas de explicar a informação que obteve ao longo da sua aprendizagem.

O Morseline utiliza parcialmente a taxonomia de Bloom como metodologia nas etapas de aprendizagem durante a sua jogabilidade (cf. Secção 5.2.2).

2.3 Universal Design

O *Universal Design*, desenvolvido e estudado pelo *Center for Universal Design*, refere que “o desenho de produtos e ambientes para ser utilizados por todas as pessoas, quando possível, sem a necessidade de adaptar ou especializar o seu desenho” (Center for Universal Design, 2019). Em 1997, com a colaboração dos seus investigadores definiram os “Sete Princípios do *Universal Design*”:

- **Uso equitativo** – O desenho deve ser útil e comercializável a pessoas com diferentes tipos de necessidades;
- **Uso flexível** – O desenho acomoda um vasto leque de aptidões e preferências pessoais;
- **Uso simples e intuitivo** – A utilização deve ser fácil de entender independente da experiência, conhecimento, competências linguísticas ou concentração do utilizador;
- **Informação perceptível** – O desenho comunica a informação necessária de forma eficiente, independente das condições ambientais ou das aptidões sensoriais do utilizador;

- **Tolerância a falhas** - O desenho é minimiza as consequências de ações não intencionais ou acidentais;
- **Baixo nível de esforço** - O desenho deve ser confortável e eficiente para provocar o mínimo de fadiga ao utilizador;
- **Espaçamento e tamanho na abordagem e utilização** - O tamanho e espaço é generalizado independente da constituição física, postura ou mobilidade do utilizador.

Com base neste conceito e com raízes na aprendizagem nasce o *Universal Design for Learning*, cujo propósito é encarar a abordagem “*one size fits all*” permitindo assim que as estratégias utilizadas por pessoas especializadas sejam mais flexíveis, logo potenciar a igualdade de oportunidades na educação.

2.3.1 Universal Design for Learning

Os sete princípios mencionados anteriormente, originalmente desenvolvidos num contexto de arquitetura, de modo a introduzir acessibilidade a pessoas com deficiências quando se deslocam a serviços públicos por exemplo, encontram-se um pouco genéricos no contexto de aprendizagem. No entanto, um movimento com origem no *Center for Applied Special Technology* (CAST), tomou a iniciativa de solucionar a problemática na educação, e para esse efeito, diretrizes utilizadas nas escolas serviram de base para a aprendizagem *online* (Coombs, 2010).

Mais recentemente e com a evolução da investigação na área da neurociência, o CAST foi capaz de estabelecer uma ligação com os princípios do *Universal Design* e assim definir diretrizes para o *Universal Design for Learning* (Coombs, 2010):

- **Proporcionar uma variedade nos meios de representação** - A aprendizagem torna-se difícil quando é impercetível ao estudante ou quando requer esforço desnecessário ou ajudas externas. Para reduzir esta barreira é importante que a informação seja igualmente acessível para todos, seja através das mais diversas modalidades (e.g. visão, áudio, toque) ou num formato que seja personalizável como a ampliação do texto ou manipulação do áudio;
- **Proporcionar uma variedade de meios para ação e expressão** - Os estudantes têm formas de se exprimir diferentes no ambiente de aprendizagem. Por exemplo pessoas que tenham incapacidades motoras podem dificultar o manuseamento de um periférico ou dispositivo móvel. O mesmo aplica-se a quem tenha deficiência cognitiva que o podem dificultar em tarefas como leitura. Em suma, não existem meios que sirvam as necessidades de todos os envolvidos, no entanto proporcionar alternativas é essencial;
- **Proporcionar uma variedade nos meios de envolvimento** - Nem todos os estudantes envolvem-se ou motivam-se da mesma forma. Alguns preferem uma aprendizagem mais solitária do que em grupo. A introdução de material didático através de jogos sérios é um passo que deve ser tomado como uma alternativa mais divertida para o estudante. Este projeto pretende oferecer isso mesmo.

2.4 Inclusive Design

O conceito de *Inclusive Design* (Persad, Langdon & Clarkson, 2007) pode ser explicado como uma abordagem para abranger o máximo de pessoas possíveis, em especial a população com necessidades especiais e a população mais velha. Apesar de ter pontos de vista similares ao *Universal Design*, onde “*one size fits all*”, o *Inclusive Design* pretende incluir utilizadores cujas necessidades sejam mais específicas. Este projeto, no entanto, tem como foco as comunidades cegas e surdas, daí que as interfaces desenhadas irão ao encontro com as especificidades previstas para esse público-alvo.

Nesse sentido, para iniciar o desenvolvimento de um produto que pretenda implementar um desenho inclusivo, é necessário definir na fase de planeamento quem é o público alvo do produto. “No entanto, investigação demonstrou que os *designers* necessitam de suporte em formato visual que atravessam as diretrizes atuais” (Persad, Langdon & Clarkson, 2007). *The Paciello Group* é um provedor de soluções de acessibilidade, que define alguns princípios de *Inclusive Design* em conjunto com WCAG 2.0 (Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web). São sete os princípios que consideram durante o desenvolvimento de *software* (Inclusive Design Principles, 2019).

- **Fornecer uma experiência equiparável** - Tendo em conta que a utilização do produto difere de pessoa para pessoa, a inserção de conteúdo adequado como texto alternativo, áudio descrição e língua gestual, torna o conteúdo mais acessível e ao mesmo tempo fornece uma experiência semelhante a todos os utilizadores;
- **Considerar a situação atual do utilizador** - Nem todos os utilizadores encontram-se no mesmo ponto de partida quando utilizam um *software*. Alguns trazem experiência adquirida pela utilização de outro *software* idêntico e podem sentir-se mais à vontade durante a navegação. No entanto a utilização de meios de suporte para o utilizador que se encontrem implementados no *software* permite que os mesmos não fiquem retidos durante a sua utilização;
- **Ser consistente** - Utilizar convenções de acessibilidade é importante durante o desenvolvimento de um jogo sério. Padrões de navegação universais para os vários tipos de acessibilidade são importantes porque evita que o utilizador aprenda um novo paradigma ao qual não esteja à vontade utilizar;
- **Dar controlo** - Garantir que o utilizador tenha controlo sobre o produto e consiga aceder ao conteúdo sem qualquer entrave é positivo, embora fazendo o paralelismo para o jogo sério nem sempre o controlo absoluto pode estar disponível, dado que por vezes há certas ações que são limitadas e necessárias para a concretização do objetivo pretendido com o jogo;
- **Oferecer escolha** - Permitir que o utilizador tenha possibilidade de escolhas ao utilizar um produto é considerado positivo, porque nem todos têm a mesma disponibilidade de horário para o utilizar. Implementar diferentes formas de apresentar conteúdo pode beneficiar a utilização do produto junto de vários grupos;
- **Priorizar conteúdo** - Ajudar o utilizador a focar-se nas tarefas propostas através de conteúdo a ser apresentado progressivamente permite que o mesmo se foque numa

tarefa sequencialmente. Permitindo assim expor de forma mais clara o conteúdo apresentado;

- **Criar valor** - Através de funcionalidades como texto para voz, voz para texto, avatar de língua gestual portuguesa e recurso a APIs de vibração (no caso dos smartphones) é possível enriquecer a interação dos utilizadores com o produto.

Enquadrando com este projeto, o *Inclusive Design* permite retirar o máximo de diretrizes a seguir de modo a dar resposta às necessidades da população cega ou surda. Desenvolver conteúdo que se enquadre nessas necessidades é exatamente o que *Inclusive Design* defende, ou seja “*one size fits one*”, que no âmbito deste projeto irá culminar no desenvolvimento de interfaces apropriadas para a utilização do jogo através do computador ou num dispositivo *Android*. Tendo em conta os princípios de *Universal Design for Learning* e *Inclusive Design*, e como público-alvo os utilizadores cegos ou surdos, vão usufruir de interfaces adaptadas convenientemente seja em computadores ou nos dispositivo *Android*.

2.5 Jogos e Jogos Sérios

O conceito de jogo pode ser classificado como uma atividade onde existem limites temporais, uma área delimitado para essa prática, regras que servem para manter os direitos e deveres dos participantes intactos, bem como proporcionar um ambiente competitivo diferente do habitual (Gillin & Huizinga, 1951). É segundo Avedon e Sutton-Smith, “um exercício voluntário em que há uma competição entre poderes confinados por regras a fim de produzir um resultado desequilibrado” (Avedon & Sutton-Smith, 1971a).

Do ponto de vista de Salen e Zimmerman, o jogo é “um sistema no qual os jogadores estão envolvidos num conflito artificial, definido por regras, que determina um resultado quantificável” (Salen & Zimmerman, 2004).

No entanto, ainda nos tempos atuais, Chris Crawford, autor do livro “The Art of Computer Game Design”, considerou quatro qualidades fundamentais que constituem um jogo:

- **Representação** – Um jogo concebe uma representação subjetiva e deliberadamente simplificada da realidade emocional. Um jogo não é objetivamente uma exata representação da realidade, é somente necessária até cumprir os desejos de um jogador. A fantasia do jogador é a chave em tornar um jogo psicologicamente verdadeiro (Crawford, 1984a);
- **Interação** – Dentro da representação há maneiras de alterar a mesma, nomeadamente através de interações. O jogador pode distorcer a realidade através de pequenas escolhas e pode verificar posteriormente essas alterações (Crawford, 1984a);
- **Conflito** – É intrínseco a todo e qualquer elemento dos jogos. Tanto pode ser direto ou indireto, violento ou não violento, mas encontra-se presente em todos os jogos. Como o objetivo normalmente passa por vencer, a existência de obstáculos (e.g. outros jogadores) pode causar reações negativas imediatas (Crawford, 1984a);
- **Segurança** – Assumindo o perigo causado pelos conflitos, pode surgir riscos físicos para com o jogador. Embora, o jogo por vezes permite que o jogador experencie

psicologicamente o conflito sem estar em causa fisicamente, possibilitando então a separação entre as consequências e ações (Crawford, 1984a). Crawford salienta que essa separação não significa que não existam consequências nos jogos, mas que as penalidades podem culminar em algo tão fútil como a ausência de uma recompensa.

Porém, um jogo sério é um desafio mental, onde o jogador joga normalmente contra o computador dentro de um conjunto de regras, que utiliza o entretenimento com o objetivo de melhorar a educação, saúde, políticas públicas e objetivos estratégicos de comunicação (Zyda, 2005). Neste projeto a ideia passa por criar um jogo multijogador, saindo assim um pouco fora da zona de conforto dos jogos sérios. Segundo Michael Zyda, o objetivo principal é criar simulações práticas do dia-a-dia, proporcionando assim treino a profissionais, situações críticas nas empresas e/ou instituições, bem como consciencializar crianças, jovens e adultos para matérias como a educação. Os jogos sérios consistem numa combinação de jogos digitais com entidades, que culmina num ensino teórico-prático educacional. Aprendizagem é a palavra-chave e inclui, jogos educativos, jogos de negócios, jogos de simulações, entre outros, abrangendo um vasto conjunto de conteúdos, contextos e público alvo (Sørensen & Meyer, 2007a). Neste âmbito, foi apresentada uma taxonomia com diversas modalidades de vídeo jogos associados a sete setores de trabalho cujos autores são Sawyer & Smith.

	Jogos sobre Saúde	Jogos Publicitários	Jogos para Formação	Jogos Educacionais	Jogos sobre Ciência e Investigação	Produção	Jogos como Trabalho
Governos e ONG	Saúde pública e resposta a problemas de saúde a grande escala	Jogos Políticos	Formação dos trabalhadores	Informação pública	Planeamento e recolha de dados	Planeamento de políticas e estratégias	Diplomacia
Defesa	Reabilitação e bem estar	Propaganda e recrutamento	Formação de apoio aos soldados	Educação na escola e em casa	Planeamento de jogos de guerra	Investigação de armas e planeamento de guerra	Comando e Controlo
Sistemas de Saúde	Cibeterapia e jogos de exercício físico	Políticas de Saúde Pública & Campanhas de Sensibilização	Jogos formativos para profissionais de saúde	Jogos sobre cuidar pacientes e gestão das doenças	Visualização e Epidemiologia	Desenho e desenvolvimento de biotecnologias	Planeamento e logísticas de planos de saúde pública
Marketing e Comunicações	Informar sobre as doenças e riscos sanitários	Publicidade, Marketing nos jogos e publicidade indireta	Uso de produtos	Informação de produtos	Pesquisa de opiniões	Machinima	Estudo de opiniões
Educação	Informação sobre doenças e riscos	Jogos de temática social	Formação de professores & formação de competências específicas	Aprendizagem	Recrutamento e ciências dos computadores	Aprendizagem P2P e construtivismo	Formação online
Empresas	Informação sobre estado de saúde dos trabalhadores e bem estar	Educação e consciencialização do cliente	Formação dos trabalhadores	Continuada educação e certificação	Visualização e Publicidade	Planeamento estratégico	Comando e Controlo
Indústria	Segurança Ocupacional	Vendas e Recrutamento	Formação dos trabalhadores	Formação profissional	Simulação de processos de optimização	Desenho de Nano/Bio tecnologias	Comando e Controlo

Figura 3 – Taxonomia sugerida para os Jogos Sérios (adaptada de Sawyer & Smith, 2008)

2.5.1 Tacoma



Figura 4 – Inserção de palavra passe no jogo *Tacoma*

Tacoma é um jogo de aventura cuja narrativa passa-se a bordo de uma estação espacial cujo nome é o mesmo do jogo, durante o ano de 2088. A missão proposta ao jogador é de explorar ao detalhe toda a estação ao seguir pistas deixadas por outros companheiros. Através de uso das habilidades disponíveis do personagem controlado pelo jogador, é possível recuar e avançar no tempo de modo a estudar os objetos abandonados nessa estação.

Amy, a personagem principal tem conhecimentos de *American Sign Language* (ASL) e durante várias fases do jogo faz uso da língua gestual para introduzir dados sensíveis como o seu nome e palavra chave de acesso aos conteúdos da estação espacial. Apesar de não ser um jogo maioritariamente em língua gestual, é um passo importante no qual o desenvolvedor referiu durante uma conferência na *Gamelab*³, que devemos “exigirmo-nos a sair da zona de conforto criativa” (Caballero, 2015).

O jogo foi apresentado durante a *Electronic Entertainment Expo*⁴ (E3) em 2015, sendo lançado em 2017 em *Windows, macOS, Linux, Xbox One* e em 2018 para *Playstation*.

A crítica ao jogo foi bastante positiva (Webber, 2017) dado que a narrativa foi bastante convincente e envolvente durante todas as fases do jogo. Os desenvolvedores tiveram atenção à componente ofensiva do jogo, tornando-o um jogo mais diverso evitando assim estereótipos que pudessem discriminar algum grupo.

³ Gamelab é uma conferência anual de desenvolvedores que se realiza em Barcelona.

⁴ Electronic Entertainment Expo (E3) é uma feira dedicada aos jogos eletrónicos. Realiza-se anualmente e é considerado o evento mais importante dos videojogos.

2.5.2 Moss



Figura 5 – Quill em *Moss*

Moss foi um dos jogos desenvolvidos mais antecipados para a *Playstation VR* após ser revelado na E3 em 2017. Os jogadores encontram Quill, um jovem rato com sonhos de grandeza acima das suas capacidades. Após explorar a floresta, Quill encontra uma relíquia e uma magia antiga é despertada. Com o seu tio em perigo, Quill embarca numa épica jornada acompanhada pela ajuda do jogador. Juntos vão desenvolver puzzles e desafiar inimigos. O jogo utiliza língua gestual baseada no dicionário americano, no qual o pequeno rato vai oferecendo dicas ao jogador de modo a assistir na solução de puzzles, bem como na escolha dos caminhos a tomar durante a expedição (Frank, 2017).

Apesar de o foco principal do jogo não ser a língua gestual, só o facto de ter sido incorporada na jogabilidade do mesmo, foi um bom passo para que mais desenvolvedores implementem também nos seus jogos medidas que incluam jogadores com incapacidades auditivas ou visuais de modo a fornecer uma experiência única a toda a comunidade de jogadores.

2.5.3 Tablecraft

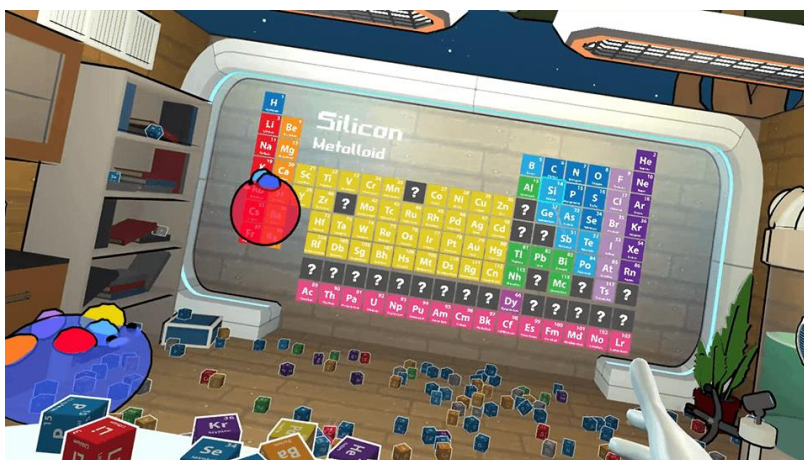


Figura 6 – Tabela periódica vista por realidade virtual em *Tablecraft*

O *Tablecraft* é um jogo em realidade virtual que permite utilizar os elementos químicos para criar materiais. Esses materiais podem ser utilizados para alimentar os *blobs* de modo a que eles libertem outros novos elementos de modo a criar materiais. Dependendo dos materiais utilizados na alimentação dos *blobs* eles produzem *blobs* bebés.

A base do jogo permite ao jogador familiarizar-se com os elementos da tabela periódica, os seus acrónimos, massas atómicas e grupos a que os mesmos pertencem. Também permite conceptualizar objetos com o qual o jogador interage no dia a dia, que são compostos por esses elementos. O jogo sério também ensina os jogadores sobre as partículas subatómicas que materializam um átomo e como a quantidade de partículas num átomo mudam as propriedades dos elementos. O seu objetivo primário é a descoberta dos elementos que compõem a tabela periódica. Sendo um jogo *sandbox*, permite que o jogador passe algum tempo a explorar em vez de completar somente tarefas. O jogo foi desenvolvido em *Unity* para a plataforma *Windows*, no entanto o jogo não se encontra com uma data de lançamento público.

Tablecraft venceu na categoria para jogos desenvolvidos por estudantes em 2018 na *Serious Game Showcase and Challenge*⁵.

2.5.4 A Blind Legend

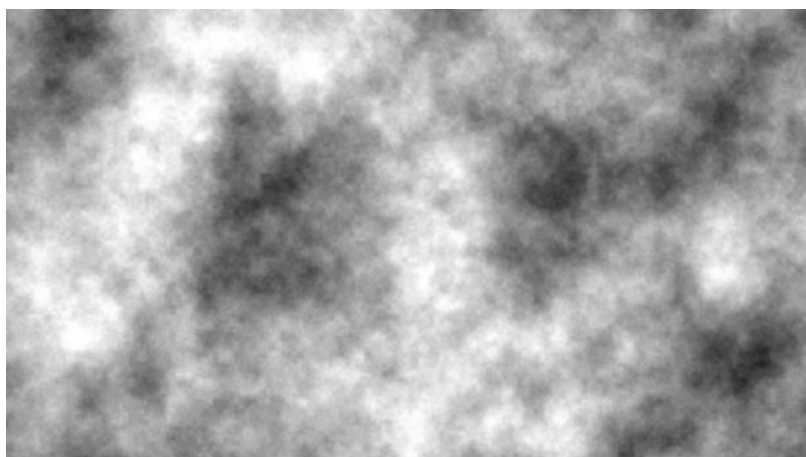


Figura 7 – Ecrã inicial em *A Blind Legend*

A Blind Legend passa-se num mundo onde o áudio impera. A jogabilidade obriga a que o utilizador tenha qualquer *output* de áudio presente visto que só assim consegue navegar dentro do jogo porque utiliza um campo estereofónico para detetar as redondezas. A filha do personagem principal, Louise, irá guiá-lo ao longo do jogo oferecendo informação sobre o ambiente que o rodeia ou sobre que direções tomar. É possível que a mesma repita essas instruções.

Os efeitos sonoros também foram trabalhados com algum critério. Por exemplo, o personagem tem um escudo que pode utilizar para se proteger caso ouça objetos a cair e consequência disso, uma alteração do som tornando-o abafado para simular a proteção do escudo e o embate das pedras no mesmo.

⁵ Competição anual que faz parte da I/ITSEC no âmbito de encorajamento ao desenvolvimento de jogos sérios.

O movimento, sendo utilizado um *smartphone* para este efeito, é simulado arrastando o dedo de baixo para cima caso queira mover-se em frente. Se o dedo for retirado do ecrã, o personagem para.

O problema de ser maioritariamente um jogo *mobile*, significa que o utilizador vai estar restrito a algumas condições, nomeadamente as “vidas” restantes dentro do jogo. Caso o utilizador seja cego, poderá ter problemas caso queira efetuar alguma compra na loja, seja a *Appstore* ou a *Playstore*. Infelizmente a quase obrigação de microtransações é um calvário nos jogos *mobile*.

2.6 Motores de Jogo em Tempo Real

Um motor de jogo é uma ferramenta que os desenvolvedores utilizaram de modo a construir a estrutura de um jogo através da reutilização de componentes como deteção de colisões entre objetivos, físicas, *rendering* e *scripting*, de modo a evitar a necessidade de os programar novamente.

2.6.1 Unreal Engine

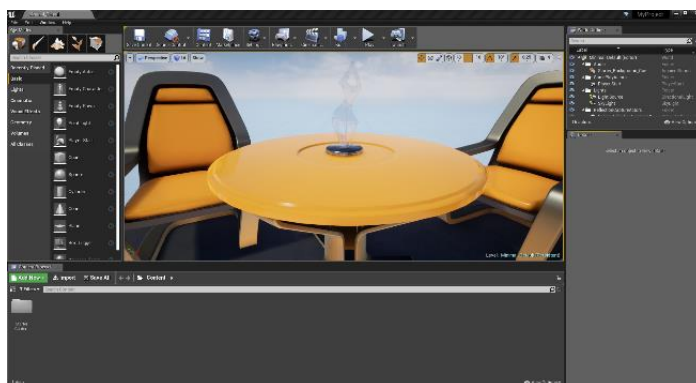


Figura 8 – Ambiente de trabalho em Unreal Engine

O *Unreal Engine* é um motor de jogo desenvolvido pela *Epic Games*. Além de ser um dos motores de jogo mais utilizados em todas as plataformas, conta já com 21 anos de constante desenvolvimento e milhares de jogos desenvolvidos. A última versão estável (4.22.1), lançada globalmente a 25 de abril de 2019 suporta *Windows*, *macOS*, *Linux*, *SteamOS*, *HTML5*, *iOS*, *Android*, *Nintendo Switch*, *Playstation4*, *Xbox One* e periféricos de realidade virtual. A utilização do motor do jogo é gratuita, embora após uma receita acima dos \$3.000 no primeiro trimestre de vendas, a *Epic Games* fica com o direito a 5% dessa receita. O contrato pode ser negociado ainda antes das vendas serem realizadas, principalmente se for uma grande empresa a desenvolver o jogo porque assim caso o jogo tenha muito sucesso, a despesa na licença não será tão significativa. Normalmente quem utiliza o *Unreal Engine* são equipas desenvolvedoras e não tanto desenvolvedores individuais dado a complexidade e a quantidade de funcionalidades que o motor oferece.

Exemplos notáveis de videojogos desenvolvidos em *Unreal Engine* são *Bioshock*, *Borderlands*, *Fortnite*, *Mass Effect* e *PlayerUnknown's Battlegrounds*.

2.6.2 Unity



Figura 9 – Ambiente de trabalho em Unity

O motor de jogo *Unity*, desenvolvido pela *Unity Technologies*, cuja linguagem utilizada nos *scripts* é o C#, é utilizado para desenvolver videojogos para várias plataformas como *Windows*, *Linux*, *macOS*, *Android* ou *iOS*. De acordo com a página de relações publicas da *Unity*, o motor é utilizada por 50% dos desenvolvedores no mundo (Dillet, 2018). Inicialmente o motor suportava a plataforma *OS X* da *Apple*, no entanto após uma conferencia em 2005, foi relevado que o motor iria apostar em 21 plataformas sendo algumas delas as referidas anteriormente. Também utiliza várias API como o *Direct 3D* ou *OpenGL*. Atualmente a versão mais estável é a 2019.1.8 lançada globalmente a 23 de junho de 2019. A consola *Nintendo Wii U* utilizou o *Unity* como *kit* de desenvolvimento padrão para os seus jogos e aplicações.

O *Unity* permite ao desenvolvedor quatro tipos de licenças como *Plus*, *Pro* e *Pessoal*, sendo esta última a única gratuita para utilização desde que o produto desenvolvido não ultrapasse os \$100.000 de receitas anuais. Alguns dos benefícios de utilizar *Unity* é não haver a necessidade de fazer alocação de memória e *garbage collection*. Embora quem prefira um maior controlo sobre o motor e na gestão de memória, o *Unity* talvez não seja o mais indicado.

Sobre a temática de jogos sérios, grande parte dos desenvolvedores na *Serious Games Showcase and Challenge*, utilizaram *Unity* como ferramenta para o desenvolvimento dos seus jogos. Em 2018, seis dos sete premiados nessa conferência utilizaram o *Unity* (I/ITSEC, 2018).

Sobre os jogos desenvolvidos com maior reconhecimento, alguns exemplos notáveis em *Unity* são *Angry Birds*, *Cuphead*, *Hearthstone*, *Pokémon GO* ou *Subnautica*.

A escolha do motor de jogo deste projeto será o *Unity*. Esta é a ferramenta que o GILT opta por utilizar, logo a alternativa *Unreal Engine* é descartada dado ser preferível utilizar uma ferramenta o qual a orientadora e o grupo de investigação dominam. Embora outras funcionalidades inerentes ao motor de jogo proporcionam a que a escolha seja evidente visto ser o motor de eleição para efeitos de desenvolvimento de jogos sérios. Neste sentido, será possível reutilizar modelos 3D entre outros recursos de modo a manter padrões e regras que vão ao encontro das políticas do GILT. Outro ponto relevante do motor como já mencionado, é a possibilidade de exportar para várias plataformas, nomeadamente para *Windows* (PC) e *Android* (*Smartphone*) visto que são os sistemas operativos com maior quota de mercado (StatCounter, 2019)

2.7 Dynamic Difficulty Adjustment

Tradicionalmente os jogos têm dificuldades pré-estabelecidas como por exemplo “fácil”, “médio” ou “difícil”. Os jogos desenrolam-se com base nessas dificuldades, mas nem todos os jogadores têm a mesma aptidão. Mesmo que a dificuldade seja a máxima, se o jogador for dotado o mesmo poderá aborrecer-se facilmente se o jogo não apresentar um desafio, no entanto se o jogador não for tão dotado, poderá ser frustrante falhar sistematicamente o objetivo (Zohaib, 2018). Em ambos os casos o resultado poderá ser o mesmo, levar o jogador a abandonar o jogo.

A performance do jogador num contexto de jogo com DDA é avaliado em tempo real durante as suas ações e assim modificar alguns elementos do jogo tornando-o mais difícil ou mais fácil. Enquadrando com este projeto, um dos indicadores para o DDA será adaptar o código Morse apresentado aos jogadores dependendo das respostas corretas ou erradas durante a jogo. Como se trata de um jogo multijogador, esse ajuste será aplicado tendo em conta as ações de ambos.

Schell refere que é importante manter um jogador num ambiente equilibrado no qual os desafios não sejam frustrantes nem aborrecidos. Embora uma objetivo que pareça ser desafiante para uns, pode não o ser para outros jogadores (Schell, 2008). Resumindo, Schell define algumas técnicas para encontrar um equilíbrio:

- **Aumentar a dificuldade a cada sucesso** - Um dos padrões mais utilizados nos jogos é aumentar o nível à medida que o jogador vai progredindo. A aptidão do jogador vai melhorando à medida que vai jogando, para que lhe seja apresentado desafios mais complexos;
- **Permitir que o jogador progrida mais rapidamente nos momentos fáceis** - Caso a dificuldade do jogo suba gradualmente, é preferível que os jogadores mais habilidosos sejam capazes de progredir mais rapidamente ao invés de através de restrições temporais ficarem retidos num nível que dominam facilmente. Facilmente poderão aborrecer-se dada a falta de um desafio, enquanto que jogadores menos habilidosos se sentem desafiados e a disfrutar do jogo;
- **Criar “camadas nos desafios”** - Um padrão utilizado nos jogos remete para a classificação da prestação do jogador num determinado momento. Podendo ser classificado desde um “A”, um nível ultrapassado na sua plenitude, até um “F” onde falhou os objetivos do mesmo. Limitando a progressão de nível a um “C”, jogadores menos habilidosos ficam tentados a obter essa classificação para progredir, enquanto os jogos mais perfeccionistas vão repetir o nível até obter a classificação máxima;
- **Permitir a escolha da dificuldade** - Um dos métodos mais utilizados é permitir aos jogadores o ajuste de nível antes de iniciar o jogo. Segundo Michael Buncher, a possibilidade de alternar a dificuldade de um jogo, modifica a sua complexidade bem como as capacidades e comportamentos esperados pelo jogador (Buncher, 2013);
- **Testar o jogo com uma variedade de jogador** - Normalmente os desenvolvedores testam os seus jogos com pessoas que se encontram enquadradas com o jogo, ou seja, seguindo as sugestões dadas por quem já teve um primeiro contacto ignora em parte

as necessidades de um jogador que desconheça o jogo. Os desenvolvedores mais experientes testam os seus jogos com uma variedade de jogadores desde os mais habilidosos a menos habilidosos para terem a certeza se os seus jogos são divertidos e duradouros (Schell, 2008).

2.8 Comunicação entre Cliente e Servidor

Com o objetivo de obter uma ligação entre o jogo sério e o servidor é necessário entender como estabelecer essa ligação. Em 1981, Jonnathan Postel definiu o *Transmission Control Protocol* (TCP) como um padrão que estabelece e mantém uma rede no qual programas podem comunicar. TCP é um protocolo orientado pela ligação existente, ou seja, a ligação bidirecional mantém-se enquanto existirem mensagens a serem enviadas.

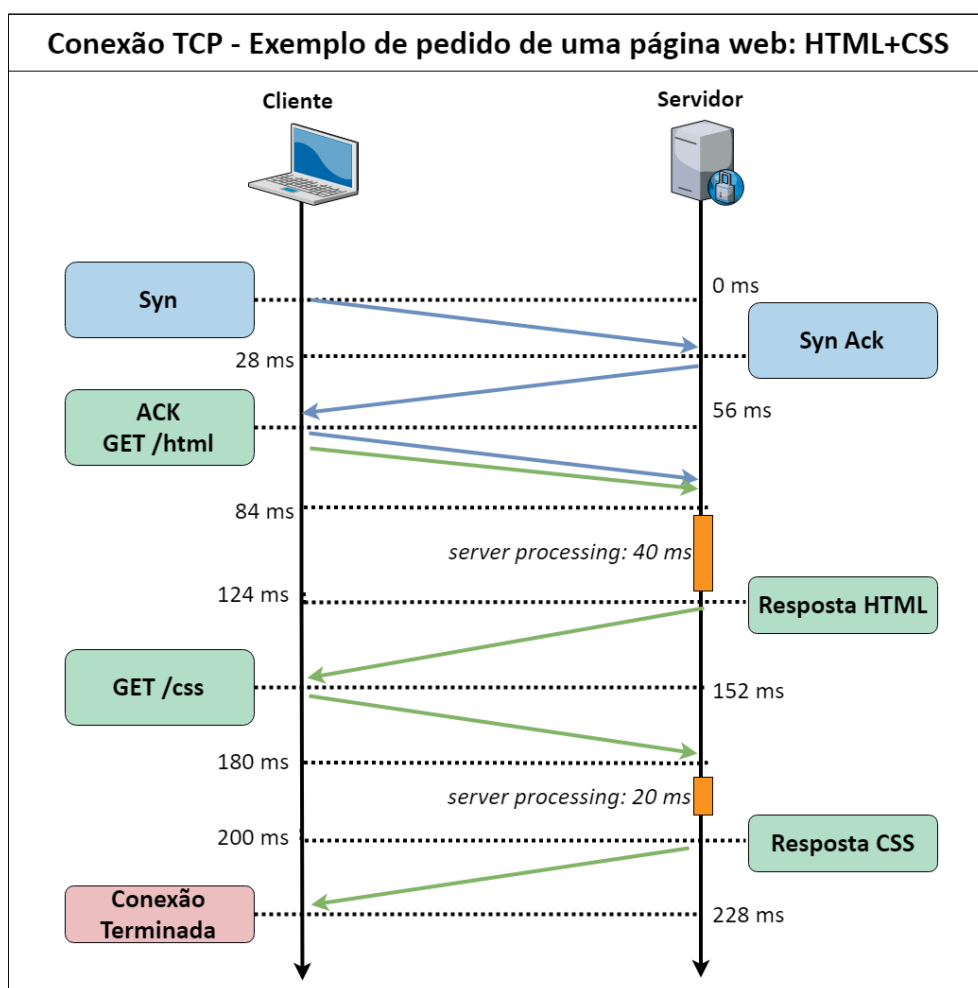


Figura 10 – Conexão TCP durante a leitura de uma página web

De modo a obter conexões persistentes no desenvolvimento deste jogo foi utilizado o *Socket.IO*, uma biblioteca que permite comunicação em tempo real entre um cliente e um servidor seja *online* ou *offline* e que utiliza o protocolo *WebSocket* como meio de transporte dos pacotes quando possível. O protocolo de *WebSocket* foi desenvolvido de modo a manter as conexões abertas para o envio e receção de mensagens a qualquer altura.

A *Internet Engineering Task Force* (IETF) define o protocolo de *Websocket* como “uma comunicação bidirecional entre um cliente a executar código pouco confiável num ambiente controlado e um servidor que subscreeve as comunicações vindas desses código” (Melnikov & Fette, 2011). Segundo os autores, o protocolo consiste em efetuar um *three away handshake* (SYN, SYN-ACK, ACK) seguido de um pacote transmitido através do protocolo TCP. A comunicação bidirecional entre cliente e servidor sem recurso a várias conexões HTTP ativas é o objetivo principal desta tecnologia. A tecnologia também traz redução no tempo de processamento e armazenamento em excesso (Park *et al.*, 2014).

O *Socket.IO* por sua vez tem algumas funcionalidades implementadas na sua API como o *broadcast* de mensagens para múltiplos *sockets* a qualquer altura e lida com a conexão de forma transparente. Outra funcionalidade é o facto de garantir que funciona em qualquer plataforma, servidor ou dispositivo e garantindo sempre fiabilidade e velocidade no envio de mensagens (EDUCBA, 2018).

Tabela 2 – Diferenças principais entre *WebSocket* e *Socket.IO* (Adaptado de EDUCBA, 2018)

#	WebSocket	Socket.io
1	O protocolo é estabelecido durante a conexão TCP.	É a biblioteca trabalha em conjunto com <i>WebSocket</i>
2	Fornecer comunicação <i>full duplex</i> através de conexões TCP.	Fornecer comunicações baseadas em eventos entre cliente e servidor.
3	<i>Proxy</i> e <i>load balancer</i> não são suportados em <i>WebSocket</i> .	Uma conexão pode ser estabelecida na presença de <i>proxies</i> e <i>load balancers</i> .
4.	Não suporta <i>broadcasting</i>	Suporte <i>broadcasting</i>
5.	Não tem opção de <i>fallback</i> .	Suporta opções de <i>fallback</i> .

Existir a possibilidade de retomar uma conexão após a mesma ter sido quebrada, num jogo multijogador é importante, principalmente se for uma questão de segundos. Outro ponto importante foi o *broadcast* de mensagens para múltiplos clientes, o que no jogo sério se traduz para todo o tipo de comunicações utilizadas entre os clientes e o servidor do jogo. Apesar de não mencionado, o protocolo UDP⁶ não fornece garantia de entrega de todos os pacotes entre o cliente e servidor, ponto no qual o TCP garante essa entrega sem falhas independente se sofre atrasos. Dado que o jogo necessita de obter uma resposta sem falhas, a utilização de comunicação através de TCP e não UDP foi preferida.

Daí que a utilização de *Socket.IO* tenha sido o meio de comunicação escolhido durante o desenvolvimento do sistema/*framework* que irá suportar o Morseline.

⁶ UDP é um protocolo mais simples que o TCP porque não fornece garantia de entrega nos pacotes no PC recetor

3 Análise de Valor

Neste capítulo será realizada uma análise de valor do negócio que este projeto se insere, bem como os fatores que levaram à decisão final na escolha do mesmo.

3.1 Proposta de Valor

Uma proposta de valor pode ser entendida como os benefícios declarados por uma empresa aos seus clientes. É descrita como a definição de como os bens, sejam eles produtos ou serviços, são apresentados de modo a cumprir as necessidades do cliente (Kambil, Ginsberg & Bloch, 1996).

Isto é, uma proposta de valor é uma visão geral anunciada por uma empresa sobre os seus produtos e/ou serviços que em conjunto, representam valor para um segmento de clientes específico. Também é possível concluir que descreve a forma como a empresa se diferencia dos restantes competidores, sendo essa a razão pelo qual os clientes dão preferência no momento da aquisição de um bem a uma determinada empresa em detrimento de outra (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Numa perspetiva de definir o valor para o cliente, Osterwalder define quatro tipos de valor sejam eles baseados num indivíduo ou num coletivo, denominados por valor intrínseco, valor de troca, valor de uso e o valor de utilidade (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Valor intrínseco, refere-se a um valor que reside no produto, independente das circunstâncias de *marketing*. Este valor objetivo é criado aquando a análise intrínseca das características de um produto antes, ou durante o seu uso. No entanto, o valor de troca é influenciado por constantes económicas, nomeadamente um produto ser mais valioso caso seja escasso.

O valor de uso é interpretado da maneira que os clientes avaliam um produto durante ou após o seu uso. Normalmente encontra-se associado ao uso individual e varia de pessoa para pessoa, logo é um tipo de valor demasiado subjetivo.

Finalmente, o valor de utilidade, baseado na experiência de uso é fruto da comparação entre o valor intrínseco e o valor de uso com o sacrifício que o cliente fez de modo a experienciar o

valor concreto do produto. Aqui, o valor é visto como um resultado de uma comparação pessoal de pontos negativos e positivos, resultado esse que é de natureza utilitária derivado de ser determinado pelo cliente (Woodruff, 1997), cujos termos de avaliação são definidos pelo mesmo (Piercy, Cravens & Morgan, 1997).

O jogo sério multijogador desenvolvido neste projeto, pretende promover a comunicação e literacia digital bem como a igualdade de oportunidades e a inclusão social das pessoas com deficiência. Através de um jogo sobre o tema código Morse, serão implementados meios que estimulem a aprendizagem e o pensamento crítico. A escolha para o desenvolvimento deste jogo sério, recaiu sobre o motor de jogo *Unity*, que atualmente ao ser um motor de jogo gratuito para desenvolver sem qualquer obstáculo, tem uma comunidade que presta bastante suporte desde *feedback* até à partilha de recursos criados compatíveis com *Unity* (cf. Secção 2.6.2).

Com isto em mente, o jogo sério irá consciencializar os jogadores para uma causa ativista, nomeadamente ao nível comunicacional e de inclusão social. Desta forma, o valor deste projeto incide na contribuição para uma melhoria no acesso à educação das pessoas surdas e cegas através da aprendizagem de código Morse.

3.2 Modelo New Concept Development

O processo de inovação (Koen *et al.*, 2001) passa por três partes chave: *The front end of innovation (FEI)*, *New Product and Process Development (NPPD)* e a fase da comercialização, no qual todos são afetados por fatores influenciadores.

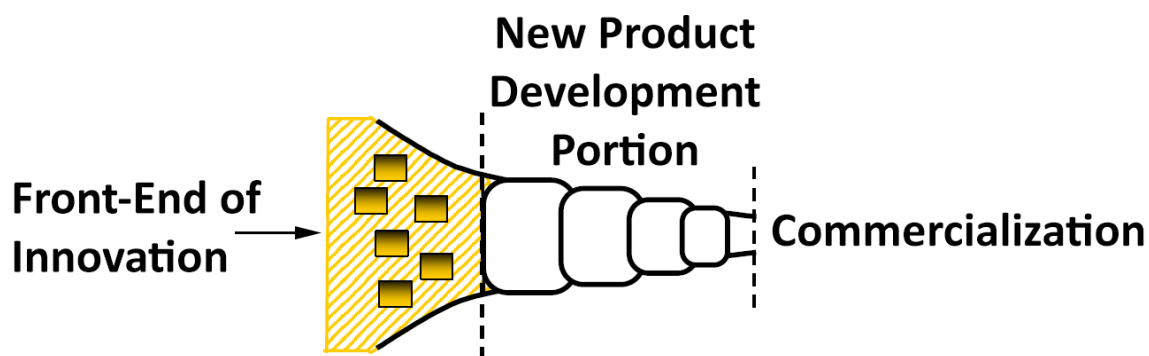


Figura 11 – Processo de Inovação do Produto (Koen *et al.*, 2002)

A *Front-End of Innovation* é definida como as atividades que são trabalhadas antes do processo mais estruturado e formal, conhecido como NPPD (*New Product Development Portion*). Na segunda fase do processo, são realizadas avaliações de *marketing* de modo a obter informação do mercado. Por fim na comercialização, é desenvolvido um modelo de negócio tendo em conta as decisões tomadas previamente (Koen *et al.*, 2001).

De modo a otimizar a *Front-End of Innovation* foi desenvolvido um modelo chamado *New Concept Development* cujo propósito é fornecer uma linguagem comum e uma terminologia necessária à sua otimização.



Figura 12 – O modelo *New Concept Development* (Koen et al., 2002)

Este modelo é constituído por três partes chave.

- Motor, que caracteriza a liderança, cultura e estratégia de uma organização;
- A área interna que é representativa dos cinco elementos do NCD como podemos visualizar na Figura 12;
- A área referente aos fatores externos, que influenciam o motor do modelo bem como molda o processo de inovação dos cinco elementos referentes ao NCD e na fase de comercialização.

O modelo NCD (*New Concept Development*) é um modelo que fornece uma visão sobre a cultura de uma empresa e/ou organização. Através deste modelo é possível saber quais são os fatores que influenciam a dinâmica da equipa, que incluem as capacidades organizacionais, ameaças dos competidores, tendências mundiais e/ou dos clientes, mudanças nas regulações e o aprofundar o conhecimento nas ciências e tecnologias.

Este modelo, de acordo com Koen, é constituído por cinco elementos chave:

1. **Identificação de Oportunidades** – A falta de uma panóplia de escolha de jogos sérios para pessoas com deficiência, foi vista pelo GILT como um problema que precisava de um maior contributo. Chegou-se então à escolha de este projeto, de modo a acrescentar mais uma alternativa que promova a educação de pessoas com deficiência;

2. **Análise de Oportunidades** – Após verificadas e analisadas possíveis oportunidades de projeto, chegou-se à conclusão de que o desenvolvimento de um jogo sério multijogador proporcionar o estímulo na aprendizagem seria uma mais valia;
3. **Geração e Enriquecimento de Ideias** - Neste componente, algumas ideias foram debatidas de modo a obter um produto final interessante. Uma delas era sobre um jogo sério de *Card Collecting* com a educação como tema, a segunda ideia passava por criar um jogo *role-playing* de fantasia em duas dimensões (2D) e por último, mas não menos relevante, um jogo sério multijogador como fator de integração;
4. **Seleção de Ideias** - Neste ponto, foi escolhida então a ideia que cumpria as necessidades organizacionais, tendo em conta as variáveis de investimento, competição e inclusão. De modo a auxiliar a escolha, foi utilizado o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Seguindo três critérios arbitrados, desempenho, motivação e saturação, a ideia selecionada foi a do desenvolvimento de um jogo sério multijogador como fator de integração com o objetivo de estimular a aprendizagem e o pensamento crítico;
5. **Definição de Conceito** – O plano de negócios é planeado de modo a que o projeto seja bem-sucedido. Recolher informação sobre o estado atual de possíveis competidores é imprescindível na tomada de decisão de possíveis inovações a implementar.

3.3 Analytic Hierarchy Process (AHP)

O método de análise hierárquica (AHP - *Analytic Hierarchy Process*), introduzido por Thomas Saaty é uma ferramenta eficiente para lidar com decisões complexas, permitindo definir prioridades através de critérios qualitativos bem como quantitativos. Ao reduzir decisões complexas numa série de comparações emparelhadas, o AHP ajuda a capturar os aspetos objetivos e subjetivos a uma decisão. Além do mais, o AHP incorpora uma técnica útil para verificar a consistência na avaliação de decisões, reduzindo assim a parcialidade no processo de escolha (Saaty, 1980).

Na estruturação hierárquica, como apresentada por Saaty, seguem-se as seguintes etapas:

- Definição dos objetivos, das alternativas e dos critérios relevantes para o problema de decisão;
- Avaliação das alternativas em relação aos critérios e avaliação da importância relativa a cada critério;
- Determinação da avaliação global de cada alternativa, com todos os elementos estruturados de forma hierárquica (Saaty, 1980).

Em relação à obtenção de prioridades no método AHP, é estabelecida uma relação entre os elementos de cada nível de hierarquia com a comparação paritária dos critérios ou subcritérios (Iañez & Cunha, 2006), ou seja, a comparação entre os atributos ocorre no mesmo nível da estrutura de decisão. Os valores determinados segundo a Escala Fundamental proposta por Thomas Saaty, vão de 1 a 9, sendo que o 1 representa uma comparação onde os elementos são

igualmente importantes, o 5 aponta a importância grande ou essencial e o 9 indica importância absoluta de um elemento em relação ao outro.

Ao utilizar a consistência lógica, o método AHP incorpora os aspetos quantitativos e qualitativos do pensamento humano, sendo esta, a qualidade de definir o problema, a hierarquia e os aspetos quantitativos para expressar as preferências de forma eficaz (Iañez & Cunha, 2006).

3.3.1 Fase 1 – Construção da árvore hierárquica de decisão

Nesta fase, a construção da árvore hierárquica de decisão é definida e nela os objetivos, critérios e alternativas viáveis. De modo a escolher a melhor ideia de projeto, através de árvore hierárquica, é necessário que os critérios se encontrem bem estruturados. A Figura 13 mostra essa árvore estruturada de modo a selecionarmos no fim a melhor ideia de negócio.

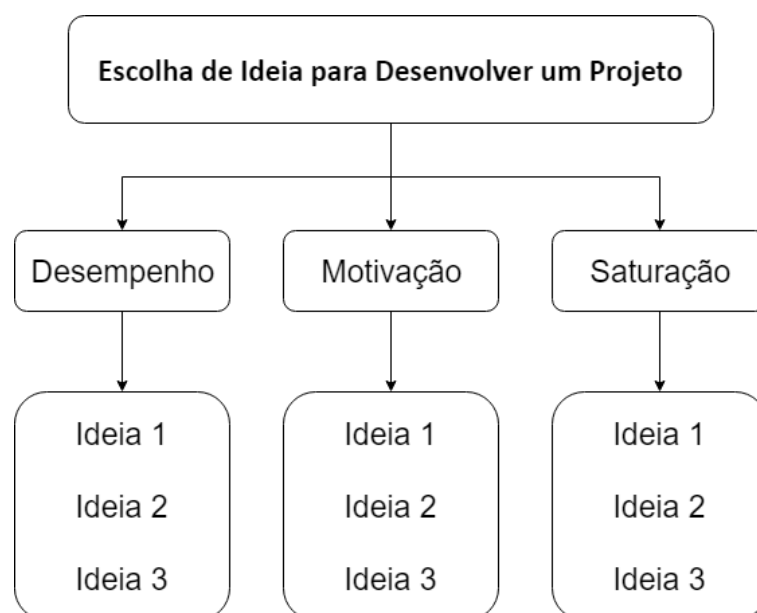


Figura 13 – Divisão Hierárquica utilizando o método AHP

Os critérios utilizados, desempenho, motivação e saturação foram arbitrados de modo a criar uma lógica para resolver a escolha de uma de três ideias disponibilizadas inicialmente de modo a desenvolver este projeto.

- **Desempenho** - Capacidade de processamento e otimização do algoritmo desenvolvido durante o desenvolvimento do projeto;
- **Motivação** – A predisposição para desenvolver a ideia disponibilizada. Uma ideia que não cause motivação por parte de quem a desenvolve não deve ser perseguida;
- **Saturação** – Antes de investir numa ideia, é preciso avaliar se a mesma já se encontra com um mercado saturado e com um vasto leque de opções, logo será mais interessante desenvolver uma ideia cujo número de alternativas seja relativamente baixo.

3.3.2 Fase 2 – Comparação das alternativas e critérios

Nesta fase, serão estabelecidas as prioridades entre os elementos para cada nível da hierarquia através da utilização de uma matriz de comparação.

O ponto fulcral a ser considerado é a determinação de uma escala de valores para essa comparação, que não deverá exceder um total de nove fatores, a fim de se manter a matriz consistente. Esta escala, definida por Thomas Saaty, designa-se de Escala Fundamental como referido anteriormente (cf. Secção 3.3).

Tabela 3 – Escala Fundamental, níveis de importância de comparações (Saaty, 1980)

Nível de Importância	Definição	Explicação
1	Igual Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Fraca Importância	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Forte Importância	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Muito Forte Importância	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra
9	Importância Absoluta	A evidencia favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza
2,4,6,8	Valores Intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Neste problema em particular em que o objetivo passava por escolher uma de três ideias, utilizando os critérios definidos na divisão hierárquica, foi desenvolvida a seguinte matriz de comparação.

Tabela 4 – Matriz de comparação entre critérios (AHP)

Crítérios	Desempenho	Motivação	Saturação
Desempenho	1	1/2	1/3
Motivação	2	1	1/3
Saturação	3	3	1

3.3.3 Fase 3 – Prioridade relativa de cada critério

Nesta fase o objetivo passa por igualar todos os critérios numa mesma unidade, logo cada valor da matriz é dividido pelo total da sua respetiva coluna (Nicola, 2017).

Tabela 5 – Matriz de comparação dos critérios do segundo nível

Critérios	Desempenho	Motivação	Saturação
Soma	6	9/2	5/3

Tabela 6 – Matriz normalizada dos critérios do segundo nível

Critérios	Desempenho	Motivação	Saturação
Desempenho	1/6	1/9	1/5
Motivação	2/6	2/9	1/5
Saturação	1/2	2/3	3/5

Após obtida a matriz normalizada dos critérios do segundo nível, procede-se a identificar a ordem de importância de cada critério, para isto é calculada a média aritmética dos valores de cada linha da matriz normalizada obtida anteriormente.

Tabela 7 – Prioridade Relativa (Vetor Prioridade)

Critérios	Prioridade Relativa
Desempenho	0.16
Motivação	0.25
Saturação	0.59

Podemos então concluir que o critério principal na escolha da ideia é a saturação, seguido da motivação e por fim o desempenho.

3.3.4 Fase 4 – Avaliar a consistência das prioridades relativas

A próxima fase é calcular a razão de consistência (RC) para averiguar se os critérios foram consistentes em relação a grandes amostras de juízos completamente aleatórios (Nicola, 2017).

Para efetuar o cálculo de RC, é necessários obter primeiro o índice de consistência (IC) e o índice aleatório (IR), demonstrado na seguinte formula.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (1)$$

Onde IC é obtido através da seguinte equação:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Onde n é o número de critérios e o λ_{max} é o valor próprio da matriz.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 \\ 2 & 1 & 1/3 \\ 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.16 \\ 0.25 \\ 0.59 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.02 \\ 3.04 \\ 3.10 \end{bmatrix} \quad (3)$$

O cálculo do λ_{max} consiste na média dos valores obtidos após a divisão entre as linhas da matriz final e o vetor prioridade:

$$\lambda_{max} = média \left\{ \frac{3.02}{0.16}, \frac{3.04}{0.25}, \frac{3.10}{0.59} \right\} = 3.05 \quad (4)$$

Após o valor de λ_{max} ser encontrado, o índice de consistência (IC) é calculado através da seguinte equação:

$$IC = \frac{3.05 - 3}{3 - 1} = 0.025 \quad (5)$$

Por fim será calculado o rácio de consistência recorrendo à tabela de índices de Thomas Saaty.

Tabela 8 – Tabela de Índices (Saaty, 1980)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Recorrendo então à fórmula sobre a razão de consistência previamente descrita e utilizando o valor de índice aleatório correspondente a $n = 3$:

$$RC = \frac{0.025}{0.58} \approx 0.04 \quad (6)$$

Em suma, como o rácio de consistência, cujo valor é ~ 0.04 e menor do que 0.1, podemos afirmar que os valores atribuídos às prioridades relativas são consistentes.

3.3.5 Fase 5 – Construção da matriz de comparação paritária para cada critério

Durante esta fase são criadas matrizes de comparação paritárias para cada um dos critérios definidos tendo em conta as alternativas (ou subcritérios), que neste caso são as ideias que podem ser escolhidas. De modo a chegar à matriz de comparação paritária normalizada, efetua-se a divisão do valor na linha sobre a soma da coluna correspondente.

Tabela 9 – Matriz de comparação paritária do critério Desempenho

Desempenho	Ideia 1	Ideia 2	Ideia 3
Ideia 1	1	4	3
Ideia 2	1/4	1	1/2
Ideia 3	1/3	2	1
Soma	19/12	7	9/2

Tabela 10 – Matriz de comparação paritária do critério Desempenho normalizada

Desempenho	Ideia 1	Ideia 2	Ideia 3	Vetor Prioridade
Ideia 1	5/8	4/7	2/3	0.62
Ideia 2	1/6	1/7	1/9	0.14
Ideia 3	1/5	2/7	2/9	0.24

Tabela 11 – Matriz de comparação paritária do critério Motivação

Motivação	Ideia 1	Ideia 2	Ideia 3
Ideia 1	1	1/3	1/2
Ideia 2	3	1	4
Ideia 3	2	1/4	1
Soma	6	19/12	11/2

Tabela 12 – Matriz de comparação paritária do critério Motivação normalizada

Motivação	Ideia 1	Ideia 2	Ideia 3	Vetor Prioridade
Ideia 1	1/6	1/5	1/11	0.16
Ideia 2	1/2	12/19	8/11	0.62
Ideia 3	1/3	1/6	1/5	0.22

Tabela 13 – Matriz de comparação paritária do critério Saturação

Saturação	Ideia 1	Ideia 2	Ideia 3
Ideia 1	1	1/2	1/3
Ideia 2	2	1	1/3
Ideia 3	3	3	1
Soma	6	9/2	5/3

Tabela 14 – Matriz de comparação paritária do critério Saturação normalizada

Saturação	Ideia 1	Ideia 2	Ideia 3	Vetor Prioridade
Ideia 1	1/6	1/9	1/5	0.16
Ideia 2	1/3	2/9	1/5	0.25
Ideia 3	1/2	2/3	3/5	0.59

Para concluir, foi construído um diagrama, como podemos ver na Figura 14, resumindo toda a informação obtida de modo a preparar a próxima fase do processo de análise hierárquico.

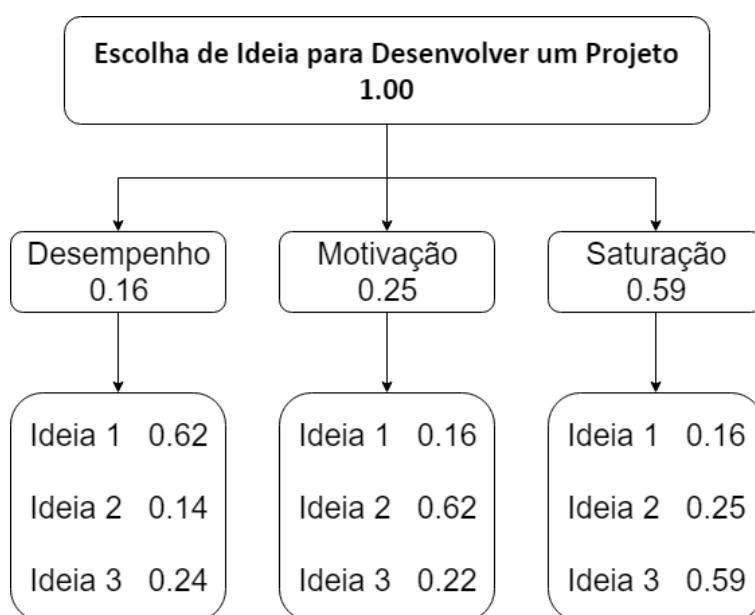


Figura 14 – Diagrama de comparação de prioridades relativas de cada critério e subcritérios

3.3.6 Fase 6 – Obter a prioridade composta para as alternativas

Esta é a última fase a ter em conta cálculos sobre as prioridades relativas. Os valores obtidos a partir da matriz de prioridades calculada na fase 5, quando multiplicadas com o vetor prioridade resulta nos valores finais de cada alternativa, sendo o valor mais elevado a alternativa recomendada a ser escolhida.

$$\begin{bmatrix} 0.62 & 0.16 & 0.16 \\ 0.14 & 0.62 & 0.25 \\ 0.24 & 0.22 & 0.59 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.16 \\ 0.25 \\ 0.59 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.23 \\ 0.33 \\ 0.44 \end{bmatrix} \quad (7)$$

3.3.7 Fase 7 – Escolha da alternativa

Em suma, observando os valores obtidos na fase anterior e tendo em conta os critérios definidos e as suas respetivas importâncias, podemos afirmar que a opção C é a ideia de projeto mais indicada com um peso final de 0.44. Com recurso a este processo analítico, surge assim a escolha deste projeto.

3.4 Modelo de Negócio CANVAS

Um modelo de negócio descreve a lógica de como uma organização cria, proporciona e obtém valor (Osterwalder & Pigneur, 2010). Neste modelo, é necessário abordar aspetos como a proposta de valor, nomeadamente o que diferencia este produto dos demais, os segmentos de mercado que pretendemos alcançar, entre outros. Para descrever o modelo de negócio, existe o modelo CANVAS, que apesar de ser um modelo gráfico simplificado, permite focar nos pontos cruciais que uma empresa ou organização possui. Podendo ser geralmente dividido em duas grandes secções: a da direita, que engloba elementos mais subjetivos e emocionais e a da esquerda guarda os elementos mais lógicos e estruturais. No entanto, os nove blocos relacionam-se e comunicam entre si.

O modelo de negócio CANVAS pode então ser segmentado da seguinte forma:

- **Proposta de Valor (*Value Propositions*)** – O motivo pelo qual os clientes devem escolher o nosso produto e ou serviços. O facto de ser inovadora acaba por ser mais atrativa;
- **Parcerias Chave (*Key Partners*)** – A rede de parceiros e ou fornecedores essenciais para o modelo de negócio em funcionamento;
- **Atividades Chave (*Key Activities*)** – As atividades chave a desenvolver pela organização de modo a que o modelo de negócio seja bem-sucedido;
- **Recursos Chave (*Key Resources*)** – Os recursos necessários para o modelo de negócio funcionar. Podem ser físicos, financeiros, intelectuais ou humanos;
- **Estrutura de Custos (*Cost Structure*)** – Os custos intrínsecos ao modelo de negócio.
- **Relacionamento com Clientes (*Customer Relationships*)** – Tipo de relação associada a cada segmento de cliente. Este tipo de relação é estabelecida pela instituição em causa;
- **Segmento de Clientes (*Customer Segments*)** – Neste componente são definidos o grupo ou grupos de pessoas que uma empresa ou organização pretende alcançar e servir.

- **Canais (*Channels*)** – O meio pelo qual fazemos chegar o produto ao cliente. Os canais são a forma de contacto com o cliente, sendo compostos por canais de comunicação, distribuição e venda.
- **Fontes de Receitas (*Revenue Streams*)** – A forma como o produto ou serviço irá gerar dinheiro a partir de cada segmento de cliente;

No âmbito deste projeto, um jogo sério intitulado Morseline, o modelo CANVAS encontra-se apresentado na Figura 15.

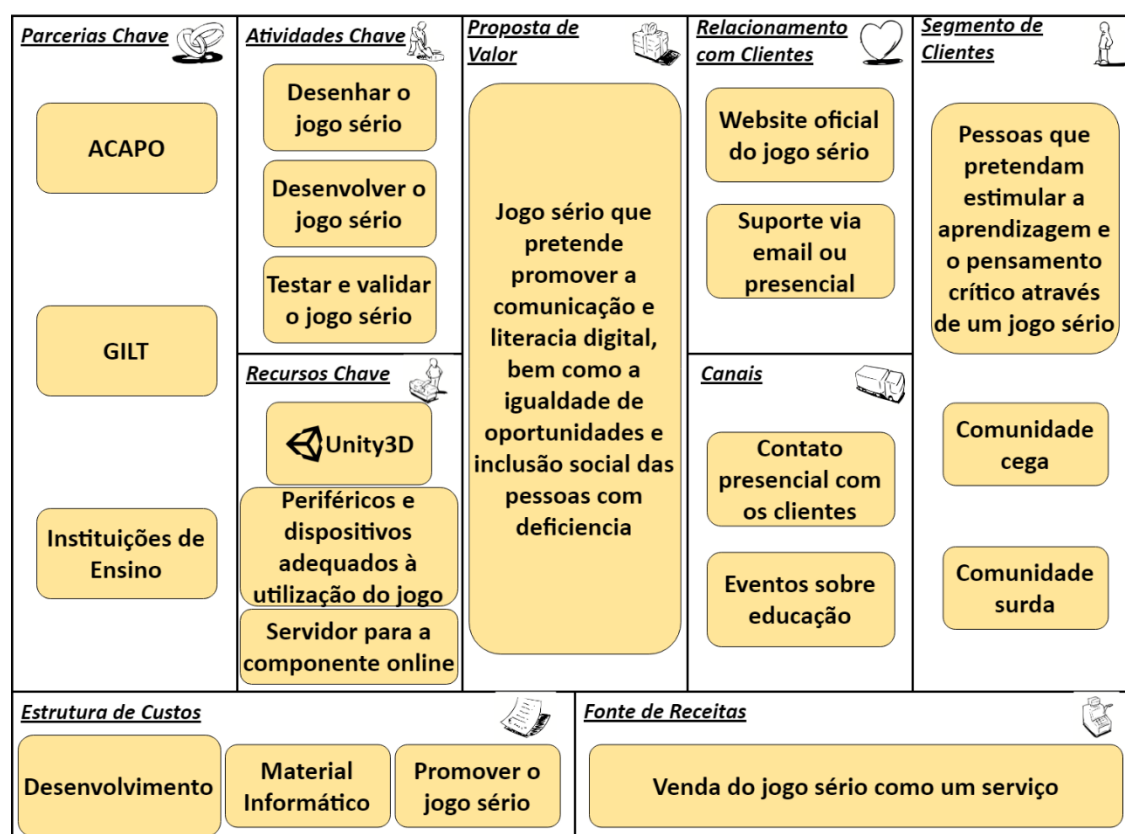


Figura 15 – Modelo de Negócio CANVAS

4 Avaliação de Abordagens e Design

Neste capítulo, será realizada uma avaliação das abordagens identificadas no capítulo sobre o estado de arte em relação aos jogos sérios, comunicação entre cegos e surdos e o motor de jogo. De seguida serão justificadas as decisões que recaíram sobre as tecnologias implementadas bem como alternativas ponderadas durante o desenho conceptual da solução.

4.1 Componentes do Jogo Sério

Relativamente ao caso do jogo sério, uma alternativa possível à abordagem 3D seria 2D, no entanto esta abordagem levaria a uma implementação mais simplificada do problema e como o objetivo passa não só pela componente educativa, mas sim incorporá-la de modo a que seja divertida para o jogador, limitando-o na componente gráfica poderia não apelar a uma maior comunidade. Sabendo que proporcionando um ambiente, além de mais complexo, proporciona uma maior liberdade criativa. Como tal, foi preferível implementar 2D (para a navegação nos menus), e 3D (jogabilidade).

Sobre o DDA, o mesmo poderia não ser implementado, embora isso levaria a uma abordagem monótona do problema em que poderia levar o jogador a abandonar o jogo mais cedo por falta de competitividade quando comesse a dominar a jogabilidade. No entanto, no DDA existem várias formas de o implementar. A primeira hipótese abordada seria permitir ao jogador a possibilidade de ajustar a dificuldade à sua maneira, mas como trata-se de um jogo sério multijogador *online* cujo número de jogadores não se encontra limitado a apenas um, o ajuste teria de ser aplicado de outra forma. Conforme visto anteriormente (ver secção 2.7), um tipo de DDA sugerido é alterando a dificuldade a cada sucesso, que foi exatamente o método implementado. Criar um sentimento de justiça entre ambos os jogadores era o pretendido, como tal, a dificuldade ao ser ajustada para ambos é algo que proporciona equidade entre os envolvidos. De modo a dar suporte ao DDA, também foi implementado um sistema de classificação baseado no método estatístico *rating ELO*⁷ normalmente utilizado durante partidas de xadrez.

⁷ O Rating Elo é um método estatístico utilizado para se calcular a força relativa entre jogadores de xadrez, inventado pelo físico americano Arpad Elo

Para o caso da base de dados, que servirá a persistência de dados do jogo e jogadores, existe a hipótese *online* ou local. Dado que o servidor que servirá de apoio corre numa instância de máquina alojada na *Amazon EC2*⁸, não se colocou a hipótese de a mesma ser local. O facto de encontrar-se *online*, permite assim que durante a jogabilidade do Morseline, os dados dos jogadores sejam persistidos desde que os mesmos tenham acesso a uma rede de internet.

Relativamente aos meios de comunicação entre o jogador e servidor, foram consideradas três possibilidades de implementação.

A primeira passava por utilizar os servidores fornecidos pela *Unity Technologies* e com recurso a mecanismos fornecidos pelo motor de jogo, com recurso aos *scripts* em *C#* manter o lado do cliente e lado do servidor no mesmo ecossistema. No entanto esta alternativa colocava alguns problemas, nomeadamente na estabilidade e escalabilidade. Caso o jogo estivesse pendente dos servidores do *Unity*, numa situação de tempo de inatividade dos mesmos, não seria possível a conexão ao servidor. A limitação dada a utilizadores com licença gratuita na utilização do motor de jogo não permite expandir o jogo a mais de 20 jogadores em simultâneo. A escalabilidade do mesmo estaria também dependente da *Unity Technologies* o que causa alguns problemas dado que essas licenças para a utilização dos serviços *online* são bastante limitadas a utilizadores não pagantes.

A segunda alternativa passava pela utilização de *REST*. Serviços com comportamento *REST* podem ser definidos como a possibilidade de comunicar sem guardar dados de sessão. Ou seja, a cada pedido efetuado ao servidor, todos os dados processados são independentes do pedido anterior ou posterior. Embora, no âmbito de um jogo, a utilização de *REST* para efetuar o envio de pacotes por parte dos jogadores para o servidor não seria a mais correta, ainda que fosse possível efetuar.

Por fim, a alternativa que acabou por ser implementada para efetuar a comunicação entre os jogadores e o servidor durante o jogo foi a utilização de *sockets*, nomeadamente através da biblioteca *Socket.IO* (ver secção 2.8).

Ainda que a utilização de *REST* tenha sido considerada para as comunicações durante o jogo entre os jogadores e o servidor, a mesma é utilizada para obter algumas informações como os dados pessoais do jogador, a sua pontuação e a sua classificação no servidor. Esta informação pode ser acedida dentro do jogo em qualquer uma das plataformas disponíveis para a sua utilização, ou através da página *web* desenvolvida para acompanhar a componente estatística do jogo.

4.2 Tecnologias Utilizadas

De modo a fornecer acessibilidade aos utilizadores, nomeadamente ao público alvo definido que consiste na população cega e população surda, ferramentas como *text-to-speech*, *speech-to-text* e língua gestual portuguesa devem ser integradas no jogo.

De acordo com as *frameworks* investigadas durante o estado de arte de modo a criar acessibilidade para os utilizadores cegos, a utilização de *text-to-speech* e *speech-to-text* é imprescindível para auxiliar os utilizadores durante a navegação e jogabilidade do Morseline.

⁸ https://docs.aws.amazon.com/pt_br/AWSEC2/latest/UserGuide/concepts.html

Igualmente importante, o suporte visual através de língua gestual portuguesa também foi abordado durante a fase de planeamento.

No caso de *text-to-speech*, as hipóteses consideradas foram a utilização da API “*Cloud Text-To-Speech*” da *Google*, ou então o uso de um *plugin* fornecido pela loja do motor de jogo *Unity* que permitisse a utilização das funcionalidades locais em função do dispositivo que o utilizador se encontrasse a jogar o Morseline.

O *Cloud Text-To-Speech* apresenta limitações de caracteres de texto por cada pedido efetuado à API, o mesmo acontece no número de pedidos, que se encontram limitados a 300/minuto. Neste projeto era possível não ultrapassar esses valores devido à amostra populacional ser significativamente curta durante a utilização do jogo, embora num ponto de vista de negócio, estas limitações devem ser tomadas em conta, e como tal a escolha da utilização de um *plugin* que não restringe a utilização ao utilizador é preferível. O *plugin*, denominado *RT-Voice PRO* permite a utilização das vozes sintéticas instaladas na máquina ou dispositivo do utilizador, evitando assim que o serviço *text-to-speech* fique indisponível durante a utilização do jogo.

Relativamente ao *speech-to-text*, no *Windows* é possível tirar proveito da biblioteca nativa (*UnityEngine.Windows.Speech*) do *Unity* sem necessidade de um *middleware*. Um dos pontos positivos é a possibilidade de manter ativo o reconhecimento em tempo real sem que o utilizador necessite de clicar nalgum botão para ativar a funcionalidade. Embora, encontra-se atualmente limitado a curtas frases (e.g. comandos por voz). No caso da plataforma *Android* foi utilizado um *plugin*⁹ de reconhecimento de voz implementado em Java. Como a navegação é feita recorrendo aos gestos com o dedo e toques no ecrã, o meio de utilizado para ativar o reconhecimento por voz foi o deslizamento de cima para baixo, sendo a posição vertical do dispositivo móvel a forma correta para a sua utilização. No geral, esta funcionalidade serviu para completar os meios de acessibilidade e não será melhorada com recurso a *machine learning* durante o desenvolvimento deste projeto.

Sobre a língua gestual portuguesa a abordagem inicial seria através do uso dos vídeos disponibilizados pela Porto Editora no seu website “Infopédia”, relativo ao Dicionário da Língua Gestual Portuguesa (ver secção 2.1.1). No entanto, após o início do desenvolvimento do projeto no grupo de investigação e desenvolvimento GILT, a orientadora sugeriu a incorporar o avatar¹⁰ de língua gestual portuguesa desenvolvido pelos mesmos. Quando essa hipótese foi colocada, e dado tratar-se de uma implementação em *Unity*, a escolha recaiu sobre a utilização do avatar em detrimento de vídeos ilustrativos de língua gestual. O facto de permitir a utilização de um maior catálogo de palavras e personalizar conforme a necessidade dos utilizadores surdos fazendo com que o avatar seja um personagem integrante do jogo e não algo externo, cria uma maior relação entre o utilizador e o avatar, tornando-o um pouco mais divertido e não tanto educativo.

⁹ <https://github.com/gsssr/UnityAndroidSpeechRecognition>

¹⁰ <http://gilt.isep.ipp.pt/projects/virtualsign/>

5 Desenho e Implementação da Solução

Neste capítulo será abordado o desenho conceptual da solução, tendo em conta padrões e regras adotando boas práticas e ciências de engenharia informática.

5.1 Arquitetura da Solução

De modo a solucionar o problema proposto, é necessário conceptualizar uma arquitetura alto nível que resolva a comunicação entre os diferentes componentes inerentes à solução.

Deste modo, a arquitetura implementada para o jogo sério a desenvolver, pode ser visualizada na Figura 16 através uma representação de diagrama de componentes do sistema/*framework* que será detalhada posteriormente. A arquitetura propõe três componentes principais, sendo eles:

- Componente referente à interface de jogo, no qual o utilizador poderá aceder ao jogo sério, seja através de um PC ou dispositivo móvel com sistema *Android*;
- A componente que relaciona as quatro principais implementações que se encontram constantemente interligadas com a lógica de negócio do jogo sério;
- Componente relacionada com o servidor do jogo que inclui a implementação em *sockets*, a *REST API* e a base de dados de modo a tornar o jogo sério persistente.

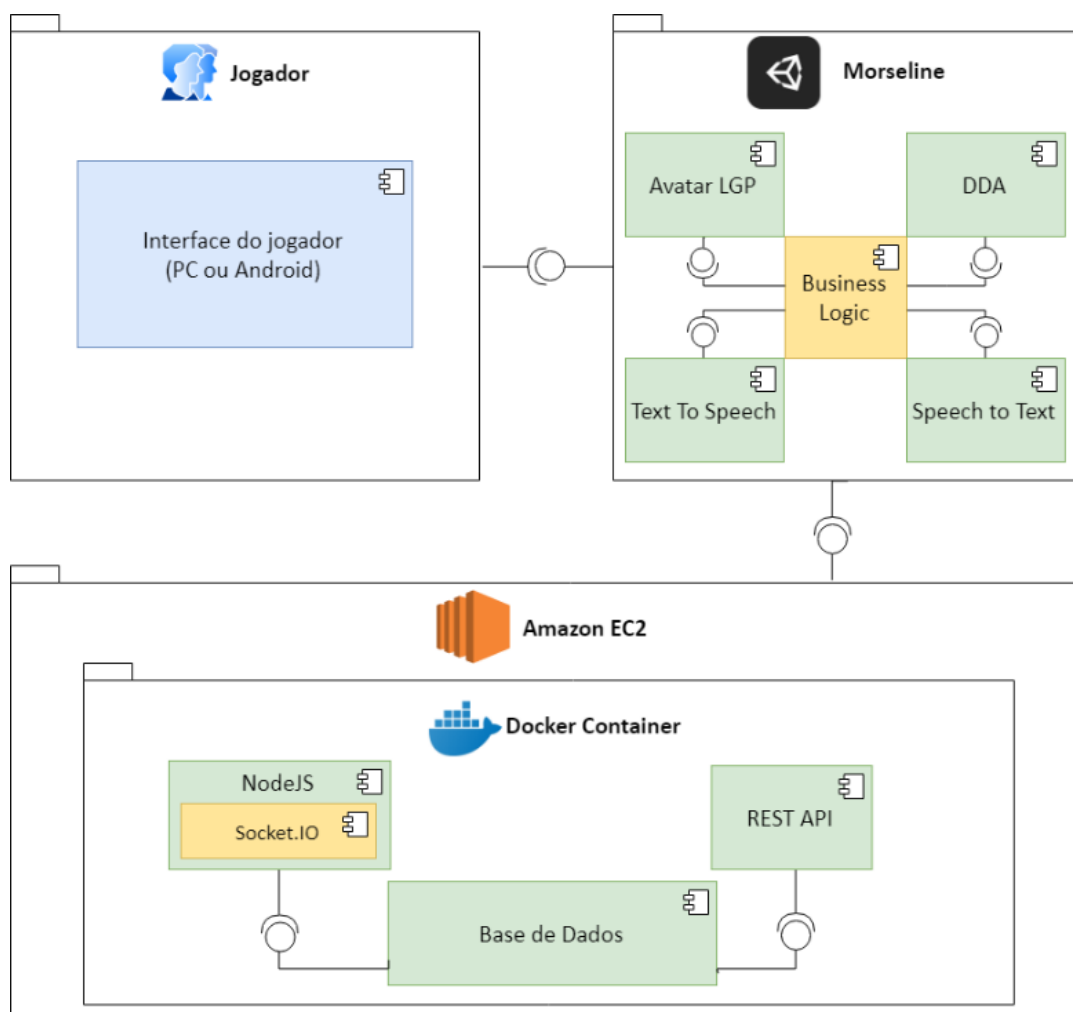


Figura 16 – Diagrama de componentes representativo do sistema/framework

5.1.1 Vista de Implementação

A componente relacionada com o “Jogador” pretende representar o ponto de partida de qualquer ação com o jogo e os seus componentes. O utilizador poderá aceder ao jogo através da utilização de um computador preferencialmente equipado com sistema operativo *Windows*, ou através de um dispositivo móvel com o sistema *Android*.

De seguida, temos o componente relacionado com o jogo sério (Morseline) que apresenta quatro subcomponentes relacionados com as implementações utilizadas para a acessibilidade fornecida aos jogadores, e a componente DDA relacionada com o balanceamento da dificuldade do mesmo. O quinto subcomponente, *business logic*, é composta pelos *scripts* em *C#* desenvolvidos no *Unity* de modo a manipular as ações e dados que constituem o jogo.

Sobre a implementação do DDA (cf. Secção 2.7), a mesma permitirá adaptar a dificuldade apresentada ao jogador dependendo da sua habilidade durante a progressão no jogo. Assim o jogador não ficará aborrecido quando o jogo ficar demasiado fácil, nem ansioso quando a dificuldade for demasiado alta. Um dos indicadores será a sucessão de respostas corretas da parte dos dois jogadores. Tendo em mente que este jogo sério multijogador funciona com uma

componente *online*, a dificuldade terá de ser equilibrada para ambos os jogadores. Este indicador será detalhado posteriormente (cf. Secção 5.2.3). O segundo indicador é tratado após cada jogo, nomeadamente através da classificação dos jogadores.

Todos os jogadores à partida contam com 1000 pontos e a partir desse ponto a avaliação é feita através dos resultados obtidos nos jogos. Durante a procura de um adversário nos modos de jogo, a diferença máxima entre os dois não ultrapassa os 200 pontos. Como também referido anteriormente (cf. Secção 4.1), será utilizado um sistema classificativo baseado no *rating ELO*. Dando como exemplo os cálculos para um jogador A (1000 pontos) que acabou de defrontar e vencer o jogador B (1100 pontos), os cálculos baseado nas formulas de *ELO* (Allmediamath, 2013) encontram-se definidos da seguinte forma.

$$R_A = 10^{(r_A)/400} \quad (8)$$

Onde r_A corresponde aos 1000 pontos do jogador A,

$$R_A \approx 316 \quad (9)$$

Onde R_A fica com um valor final de 316,

$$R_B = 10^{(r_B)/400} \quad (10)$$

Onde r_B corresponde aos 1100 pontos do jogador B,

$$R_B \approx 562 \quad (11)$$

Onde R_B fica com um valor final de 512,

$$E_A = \frac{R_A}{R_A + R_B} \quad (12)$$

Onde R_A e R_B correspondem aos valores encontrados anteriormente,

$$E_A = \frac{316}{316 + 562} \quad (13)$$

Onde E_A fica com um valor final de 0.360, que significa a probabilidade expectável do jogador A vencer o jogador B,

$$E_B = \frac{R_B}{R_B + R_A} \quad (14)$$

Onde R_A e R_B correspondem aos valores encontrados anteriormente,

$$E_A = \frac{562}{562 + 316} \quad (15)$$

Onde E_B fica com um valor final de 0.640, que significa a probabilidade expectável do jogador B vencer o jogador A,

$$S_A = 1 \quad (16)$$

Onde S_A pode ter como valores 1 (vitória), 0.5 (empate) ou 0 (derrota),

$$S_B = 0 \quad (17)$$

Onde S_B pode ter como valores 1 (vitória), 0.5 (empate) ou 0 (derrota),

$$r'A = r_A + K \times (S_A - E_A) \quad (18)$$

Onde r_A equivale a 1000, K tem um valor estático de 32, S_A tem valor de 1 e E_A equivale a 0.36,

$$r'A = 1000 + 32 \times (1 - 0.360) \quad (19)$$

Onde $r'A$ fica com um valor de 1020, cujo significado é a nova pontuação do jogador A,

$$r'B = r_B + K \times (S_B - E_B) \quad (20)$$

Onde r_B equivale a 1000, K tem um valor estático de 32, S_B tem valor de 1 e E_B equivale a 0.64,

$$r'B = 1100 + 32 \times (1 - 0.640) \quad (21)$$

Onde $r'B$ fica com um valor de 1080, cujo significado é a nova pontuação do jogador B,

Tendo em conta o exemplo anterior, ao adaptar a dificuldade é possível controlar a margem da progressão ao oferecer um maior desafio quando o jogador evoluiu as suas capacidades durante o seu tempo de jogo.

A Figura 17 permite visualizar a progressão de um jogador num jogo com recurso ao DDA.

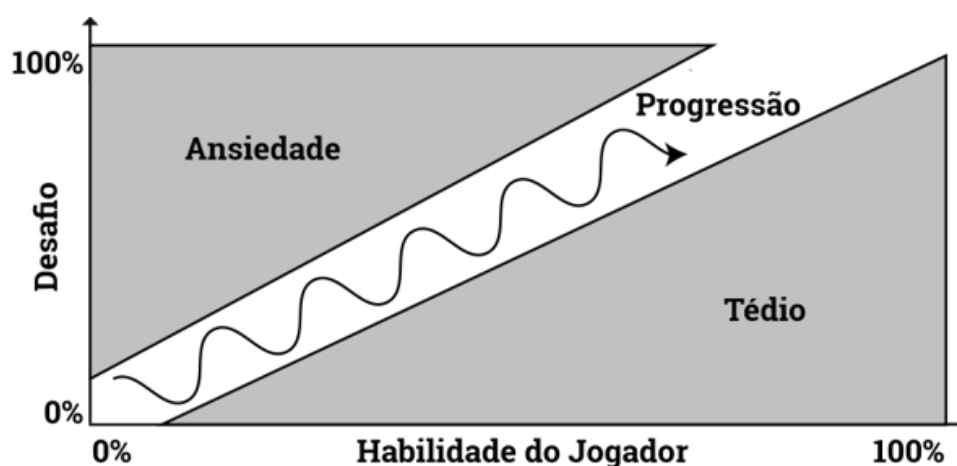


Figura 17 – Progressão de um jogador ao longo do tempo num jogo

No livro “The Art of Game Design” (Schell, 2008), Schell menciona que “Este ciclo de “tensão e libertação, tensão e libertação” aparece diversas vezes no *design*. Parece ser algo inerente à satisfação do ser humano. Demasiada tensão e ficamos desgastados. Demasiado relaxante e ficamos aborrecidos. Quando variamos entre os dois, desfrutamos tanto do relaxamento como da excitação e esta oscilação fornece o prazer da multiplicidade como o prazer da antecipação.”

As subcomponentes de *text-to-speech* e *speech-to-text* (cf. Secção 4.2) permitem a implementação e utilização da língua portuguesa como meio de assistir os jogadores através da utilização da voz sintética da Cortana¹¹, no caso do jogo ser executado em *Windows*, e no caso de ser um dispositivo móvel com *Android*, o motor de *text-to-speech* que o utilizador usar desde o que o mesmo seja capaz de fornecer a língua portuguesa de Portugal.

Sobre a subcomponente “Avatar LGP”, refere-se a um avatar desenvolvido pelo GILT (cf. Secção 4.2), cujo propósito é apoiar os jogadores surdos ou que saibam língua gestual portuguesa. O utilizador poderá clicar ou tocar no texto presente durante a jogação de modo a obter a tradução pelo avatar.

Relativamente à componente do servidor a mesma pode ser decomposta em dois componentes principais, uma máquina virtual (*Amazon EC2*) alojada na plataforma *cloud* da *Amazon* denominada de *Amazon Web Services*¹² e o contentor *Docker* que “fornece um modelo de implantação com base em imagens. Facilita o compartilhamento de uma aplicação ou conjunto de serviços, incluindo todas as dependências deles em vários ambientes. O *Docker* também automatiza a implantação da aplicação (ou de conjuntos de processos que constituem uma

¹¹ Cortana é a assistente digital da Microsoft no seu sistema operativo Windows

¹² A *Amazon Web Services* (AWS) é a plataforma na nuvem mais adotada e mais abrangente do mundo, oferecendo mais de 165 serviços completos de *datacenters* em todo o mundo.

aplicação) dentro do ambiente de container” (RedHat, 2019). Neste projeto são implantadas duas imagens, uma com *NodeJS* que não só possibilita a integração da componente *online* do jogo através de comunicação com *sockets*, mas também a criação de uma *REST API* para obter dados relativos às classificações no servidor de jogo. A segunda imagem que compõe o contentor *Docker* é a base de dados, que através do *NodeJS* irá rececionar os dados que devem ser persistidos entre os jogadores e servidor.

5.1.2 Requisitos Funcionais e Casos de Uso

De modo a definir requisitos funcionais essenciais ao jogo sério deste projeto foram escolhidos requisitos que são imprescindíveis para o desenvolvimento do jogo, em especial o foco no jogador. Estes requisitos funcionais são ações ou tarefas que o jogador poderá realizar. De seguida são descritos esses requisitos:

- O jogo sério deve dar opção de escolha de acessibilidade por parte do jogador;
- O jogador deve ter um meio de se autenticar/associar o dispositivo;
- O jogador pode entrar em qualquer fila de espera para um determinado modo de jogo;
- O jogador pode aprender previamente o código Morse antes de testar o conhecimento contra um adversário;
- O jogador pode verificar várias vezes as respostas possíveis até dar uma resposta final;
- O jogador tem tempo ilimitado de resposta;
- O jogador tem ajuste dinâmico da dificuldade do jogo;
- O jogador deve ter acesso a sua pontuação atual;
- O jogador tem acesso a uma sala de conversação;
- O jogador pode sair do jogo.

Os casos de uso são uma componente importante nas boas práticas de engenharia porque demonstram uma visão sucinta do funcionamento do sistema. Normalmente são utilizados para documentar os requisitos do sistema, bem como proporcionar uma ideia geral a pessoas que não se encontram familiarizadas com as tecnologias (Klimek & Szwed, 2010). Klimek & Szwed referem que a documentação dos casos de uso é organizada tendo em conta os dois pontos seguintes:

- Diagramas gráficos que enumeram casos de uso e atores bem como as suas relações, normalmente entre utilizadores e sistemas externos;
- Grupos de cenários que descrevem do ponto de vista do ator, o desenrolar de eventos num sistema.

Com especial atenção ao primeiro ponto, de seguida, na Figura 18, é apresentado o diagrama de casos de uso das interações entre o jogador e servidor deste projeto, que servem como ponto de partida para o seu desenvolvimento.

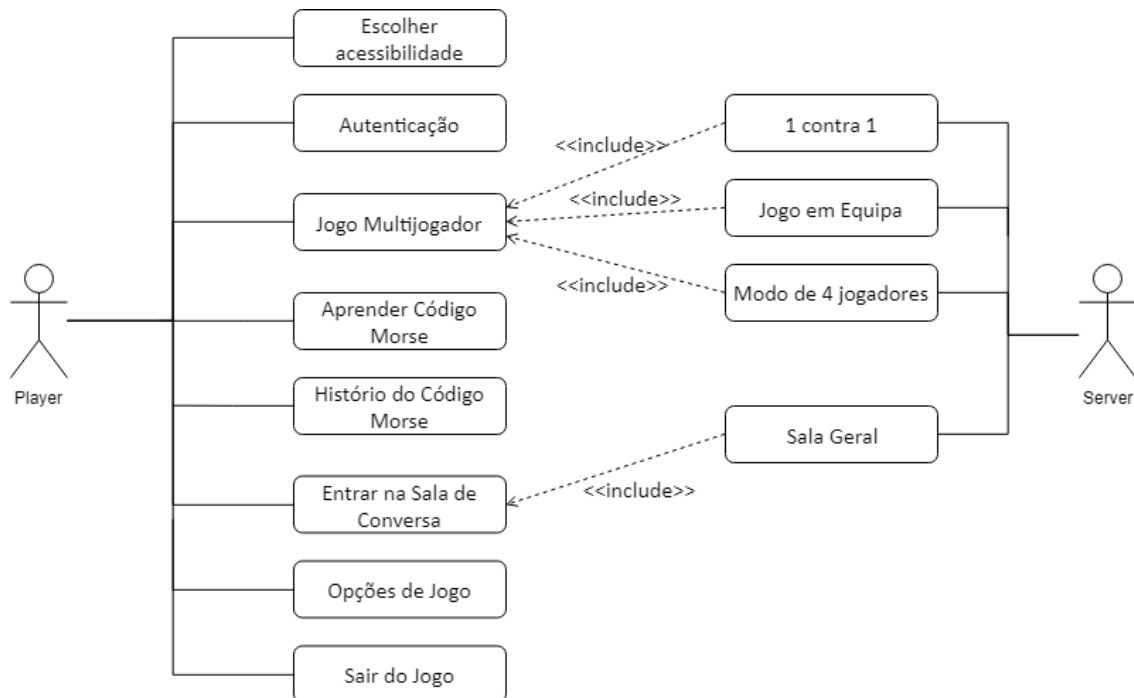


Figura 18 – Diagrama de casos de uso

5.1.3 Base de Dados

Relativamente à base de dados utilizada neste projeto, o seu propósito é a persistência de dados nomeadamente os referentes ao jogador. Algumas preferências como a acessibilidade escolhida serão guardadas na memória do dispositivo que o utilizador usar durante a jogabilidade do jogo sério. Com recurso a *PlayerPrefs*, uma classe pertencente de forma nativa ao *Unity* é possível guardar esses dados em memória. De seguida, na Figura 19, encontram-se as tabelas utilizadas durante a implementação do projeto.

users		chatlogs		records	
id	int	id	int	id	int
username	varchar	username	varchar	gamemode	varchar
password	varchar	message	varchar	players	varchar
isDisabled	boolean	msgdate	datetime	winner	int
isBlind	boolean			gamedate	datetime
isDeaf	boolean				
connected	boolean				
elo	integer				

Figura 19 – Tabelas da base de dados

Sobre a base de dados, a mesma irá conter somente três tabelas. A tabela de *users* permite persistir os dados de autenticação do jogador bem como informação se o mesmo é cego (*blind* - acessibilidade por suporte auditivo), surdo (*deaf* - acessibilidade por língua gestual portuguesa) ou se não tem qualquer tipo de acessibilidade definida. Sempre que o utilizador entre no servidor ou saia, é atualizado o campo na base de dados correspondente ao seu estado atual através do campo *connected* (*true* ou *false*). Por fim é armazenada a sua pontuação dentro do jogo através do uso do campo *elo*. A tabela de *chatlogs* serve para armazenar todas as comunicações realizadas na sala de conversa entre os jogadores para que sempre que entrem nesse ecrã, exista um histórico (limitado às últimas 50 mensagens) sobre as conversações realizadas entre os vários utilizadores. No entanto, todas as mensagens aí escritas ou faladas (que depois são convertidas em texto) ficam armazenadas na base de dados.

Por fim a tabela com o histórico de jogos que ocorreram no servidor. Guarda informação sobre os modos de jogo onde ocorreram as partidas. Campo de *players* é um *array* que contém os identificadores (*id*) únicos de cada jogador, o campo *winner* que corresponde ao identificador de quem venceu a partida.

5.1.4 Fluxograma

De seguida, na Figura 20, será apresentado um fluxograma da solução a ser implementada. O esquema permite fornecer uma ideia do fluxo de interações disponíveis para o jogador tendo em conta os casos de uso já definidos (cf. Secção 5.1.2).

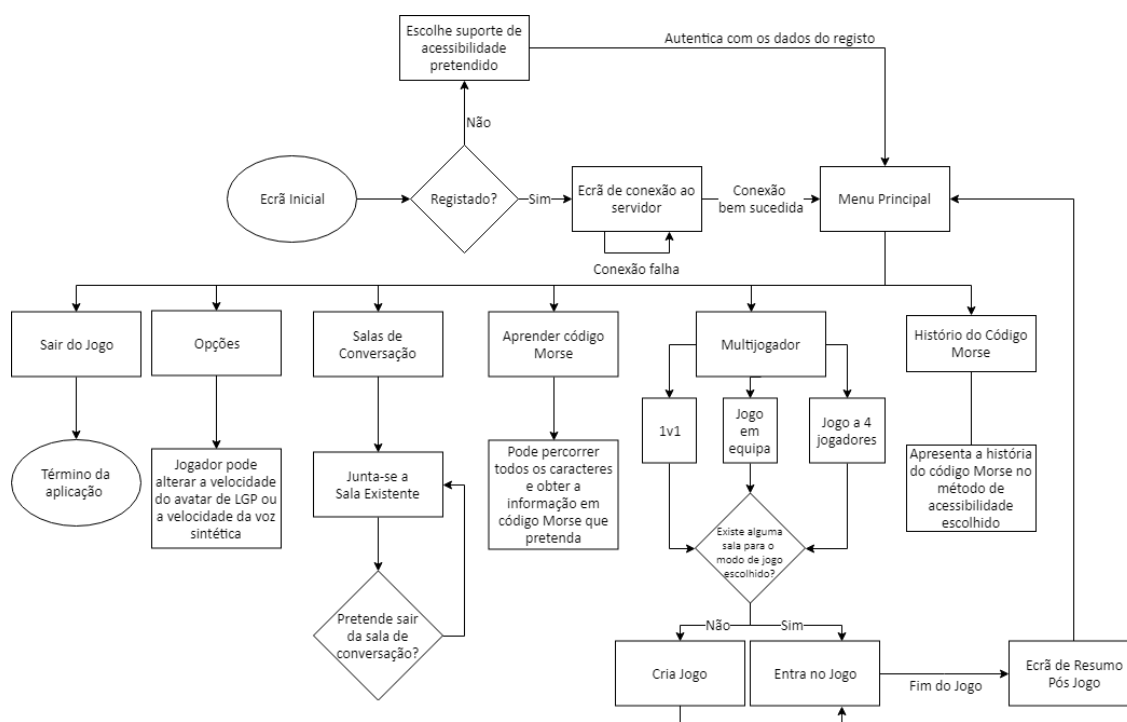


Figura 20 – Fluxograma de ações do utilizador no Morseline

Imediatamente a seguir à execução do jogo sério, o utilizador depara-se com um ecrã introdutório que explica o funcionamento da navegação do jogo dependendo do dispositivo em que o jogador se encontre. O utilizador terá três escolhas possíveis de modo a avançar para a conexão ao servidor. O utilizador poderá escolher o suporte auditivo (baseado em *text-to-speech*), o suporte visual (que conta com o suporte do *avatar* da LGP) e por fim caso não necessite de qualquer tipo de acessibilidade, simplesmente escolhe a terceira opção.

Passada a fase de escolha de acessibilidade, é apresentado ao jogador o menu inicial (cf. Secção 5.2.2), onde este pode escolher juntar-se a uma sala de conversação (cf. Secção 5.2.2) para socializar com outros jogadores, explorar sobre a história do código Morse (cf. Secção 5.2.2), entrar na aprendizagem do código Morse (cf. Secção 5.2.2) ou alterar no ecrã de opções a velocidade do avatar de língua gestual portuguesa ou a velocidade da voz sintética portuguesa (cf. Secção 5.2.2).

Por fim, se quiser testar o conhecimento adquirido, poderá juntar-se a um modo de jogo (cf. Secção 5.2.2) no componente multijogador onde irá encontrar outros jogadores com qual poderá jogar. Ele poderá escolher um de três modos de jogo, contudo os mesmos serão detalhados no ponto (cf. Secção 5.2.3).

5.1.5 Regras e Mecânicas do Jogo

O código Morse é um sistema representado por letras, algarismos e pontuação através de sinais sonoros. Estes sinais podem ser curtos ou longos que num esquema visual traduzem-se para pontos (sinais curtos) e traços (sinais longos). Posto isto, numa primeira fase foi necessário dividir os caracteres em diferentes graus de dificuldade. Para efeitos de simplicidade para os jogadores, a pontuação foi retirada da aprendizagem.

Tabela 15 – Código Morse associado a cada uma das dificuldades

Dificuldade	Caracteres do Código Morse
Fácil	"T", "E", "M", "N", "A", "I", "H", "S"
Médio	"G", "K", "D", "W", "R", "O", "6", "U", "O"
Difícil	"Q", "Z", "Y", "C", "X", "B", "J", "P", "L"
Muito difícil	"F", "V", "1", "2", "3", "4", "5", "7", "8", "9"

Os níveis de dificuldade foram distribuídos desde os caracteres com menor quantidade de sons a memorizar para os mais complexos que contemplavam cinco caracteres. No entanto, alguns dos caracteres como o "H" foram selecionados para a menor dificuldade porque o som curto repete-se quatro vezes, o que permite memorizar este caractere mais facilmente.

Durante o jogo, seja qual for o modo de jogo escolhido, o jogador terá quatro *checkpoints* que terá de ultrapassar. Em cada um ele ouvirá ou telégrafo a emitir o som de um caractere em código Morse. O jogador terá duas opções a cada *checkpoint* sendo que uma delas é a resposta correta.

5.1.6 Tabela de ações

De seguida será apresentada uma tabela de ações que explica o fluxo do jogo desde que o utilizador entra na fila de espera do modo de jogo selecionado até que o jogo termine.

Tabela 16 – Tabela de ações do jogo sério

Modo de Jogo	Causa	Objeto	Ação	Resultado
Todos	Verificar se os jogadores se conectaram à sala de jogo	Jogador	Carregar o cenário de jogo	O jogo começa
Todos	Mover até ao checkpoint	Jogador	Ouvir o código Morse emitido pelo telégrafo	O jogador escolhe uma resposta
Todos	Escolher a letra que acha ser a resposta correta	Letra	Resposta enviada para o servidor	O servidor aguarda que todos os jogadores na sala de jogo enviem a resposta para que os jogadores procedam para o próximo checkpoint
Todos	Último checkpoint	Sala de Jogo	Os jogadores terminaram o último checkpoint	O servidor marca o jogo como terminado
1 vs 1 e 4 jogadores	Verificar os resultados	Sala de Jogo	Calcula a nova pontuação ELO	Atualiza a pontuação do jogador e marca a sala de jogo como terminada.
Equipa	Verificar o progresso nos checkpoints	Sala de Jogo	Os jogadores alcançaram a meta do jogo.	Atualiza a pontuação do jogador e marca a sala de jogo como terminada.
Todos	Jogo terminou	Servidor	Verifica se os critérios anteriores foram cumpridos	Remove os jogadores da sala de jogo. Apaga a sala e envia os jogadores para o menu inicial.

Quando o utilizador escolhe o modo de jogo preferível, ele é colocado numa fila onde irá defrontar jogadores perto do seu nível de habilidade. Com recurso ao DDA (cf. 5.1.1) o utilizador nunca será emparelhado com jogadores com uma discrepância de pontos acima ou abaixo dos seus. Após o servidor verificar que existem os jogadores necessários para lançar uma partida, ele emparelha os jogadores necessários e aloca uma sala de jogo, que através da utilização de *sockets* será enviada uma mensagem para os jogadores a avisar que um jogo foi encontrado e o mesmo irá iniciar. Iniciado o cenário de jogo, ambos os jogadores recebem uma introdução sobre como explorar as respostas quando chegarem ao primeiro *checkpoint* e qual o objetivo pretendido nesse modo de jogo. Este tipo de informação será dado conforme o modo de acessibilidade escolhido pelo jogador ao iniciar o jogo. Quando chegam aos *checkpoints* irão ouvir ou visualizar dicas sobre o código Morse que se encontra a ser emitido. Dada a resposta, o servidor processa e permite que os jogadores se desloquem para o próximo *checkpoint*. Como

referido, o jogo utiliza DDA, logo a dificuldade será adaptada (cf. Secção 5.1.1). Concluídos todos os *checkpoints* corretamente ou não, o servidor irá calcular se existe um vencedor, senão, o jogo será declarado como um empate.

5.2 Implementação

Neste ponto são discutidos todos os passos e decisões tomadas durante o desenvolvimento do jogo sério. Toda a solução foi desenvolvida com base nas diretrizes apresentadas durante o estado de arte (cf. Secção 2) relacionadas com o desenho inclusivo e universal para aprendizagem. As sugestões obtidas durante a fase de testes pelo públicos-alvo (cf. Secção 6.4) também foram tidas em conta. Como referido anteriormente, esta dissertação tem como um dos objetivos introduzir a aprendizagem de código Morse. Visto ser um tema que apesar de ser conhecido, grande parte da população não sabe associar um caractere alfanumérico (A a Z, 0 a 9) ao som correspondente. Por isso, sendo que grande parte dos utilizadores começam do mesmo ponto de partida, é uma temática interessante, muito derivado do facto de ter uma componente visual e auditiva independentes uma da outra para a sua aprendizagem.

5.2.1 Acessibilidade

Dado que os cegos e surdos têm necessidades diferentes, no início do jogo é dada uma pequena introdução através do som sobre as mecânicas básicas.

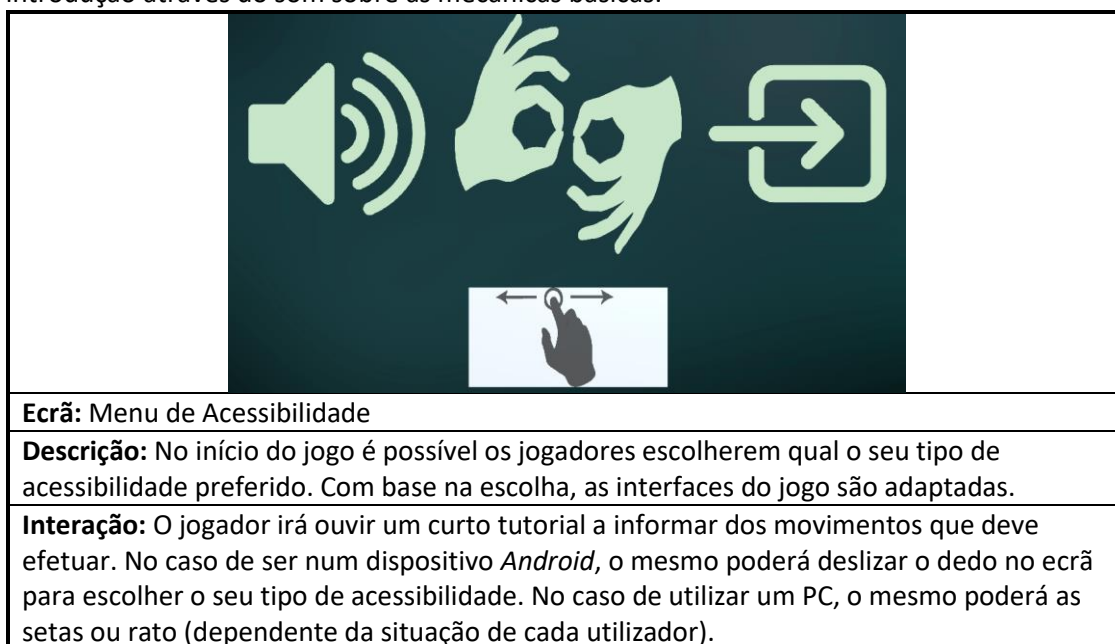


Figura 21 – Escolha de suporte auditivo(esquerda), visual (centro), ou sem qualquer suporte adicional (direita)

Tendo em conta as diferenças na utilização dos dispositivos, será apresentada uma tabela que permite esclarecer as interações possíveis para cada tipo de necessidade de acessibilidade específica ao jogador. É importante referir que caso o suporte auditivo esteja ativo no dispositivo *Android*, o posicionamento correto do mesmo é na vertical. Nos outros tipos de

acessibilidade a utilização correta é na horizontal. A razão principal para a utilização ser na vertical foi principalmente para evitar que o utilizador cego ao deslizar da direita para a esquerda ativasse a barra de estados do *Android*. Sendo assim os movimentos de esquerda e direita não causam qualquer incompatibilidade na interação com esse menu, que na vertical encontra-se no topo do dispositivo *Android*, obrigando a que o utilizador deslize de cima para baixo, movimento esse que durante a implementação do jogo nunca é utilizado de modo a facilitar na usabilidade do jogo. Na Tabela 17 encontram-se os controlos implementados para as diversas interfaces implementadas tendo em conta as necessidades do público-alvo.

Tabela 17 – Controlos de navegação durante os menus e jogo

Dispositivo	Tipo de acessibilidade	Confirmar	Traduzir texto em Língua Gestual	Avançar nos elementos de navegação	Recuar nos elementos de navegação	Navegar com recurso à voz
PC	Voz	Barra de espaços	Não se aplica	Seta para direita	Seta para esquerda	Suporte sempre ativo
Android	Voz	Duplo toque no ecrã	Não se aplica	Deslizar para direita	Deslizar para esquerda	Deslizar para cima
PC	Língua Gestual Portuguesa	Lado esquerdo do rato	Lado direito do rato	Clicar no elemento pretendido	Clicar no elemento pretendido	Não se aplica
Android	Língua Gestual Portuguesa	Duplo toque no botão	Toque no botão	Tocar no elemento pretendido	Tocar no elemento pretendido	Não se aplica
PC	Sem acessibilidade	Lado esquerdo do rato	Não se aplica	Clicar no elemento pretendido	Clicar no elemento pretendido	Não se aplica
Android	Sem acessibilidade	Toque no botão	Não se aplica	Tocar no elemento pretendido	Tocar no elemento pretendido	Não se aplica

5.2.2 Storyboard

O menu inicial do jogo é o primeiro ecrã apresentado ao jogador que permite interagir com as funcionalidades implementadas. Desde efetuar alterações pertinentes ao seu tipo de acessibilidade (e.g. velocidade do texto para voz, tamanho do avatar de língua gestual) escolhendo a opção “Opções do Jogo”, usufruir de interação com outros jogadores ativos no servidor através de conversas escolhendo a opção “Sala de Conversa”, saber um pouco mais sobre a história do código Morse através da opção “História do código Morse”, aprender o código Morse correspondente a cada valor alfanumérico ou testar os seus conhecimentos jogando multijogador num dos três modos de jogo disponíveis que serão explicados posteriormente. Todo o texto presente neste ecrã encontra-se testado e validado (conforme referido posteriormente no capítulo 6) de modo a oferecer através do som ou língua gestual

portuguesa a informação correta a que se destina. O jogador também tem direito à sua classificação atual bem como os pontos obtidos durante as suas partidas *online*.



Figura 22 – Menu Inicial com acessibilidade por Língua Gestual Portuguesa

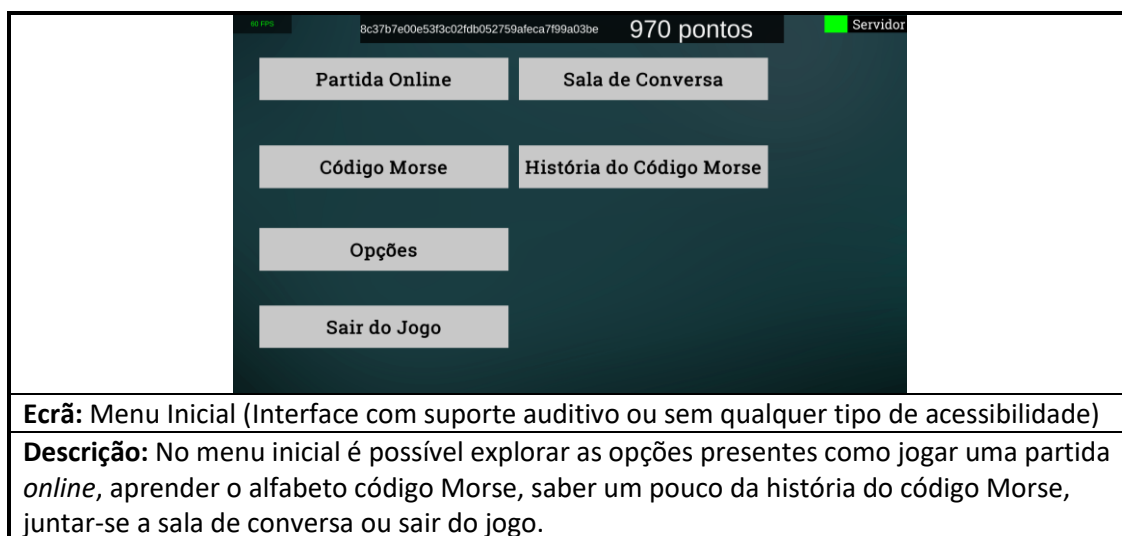


Figura 23 – Menu Inicial sem modo de acessibilidade utilizando Android

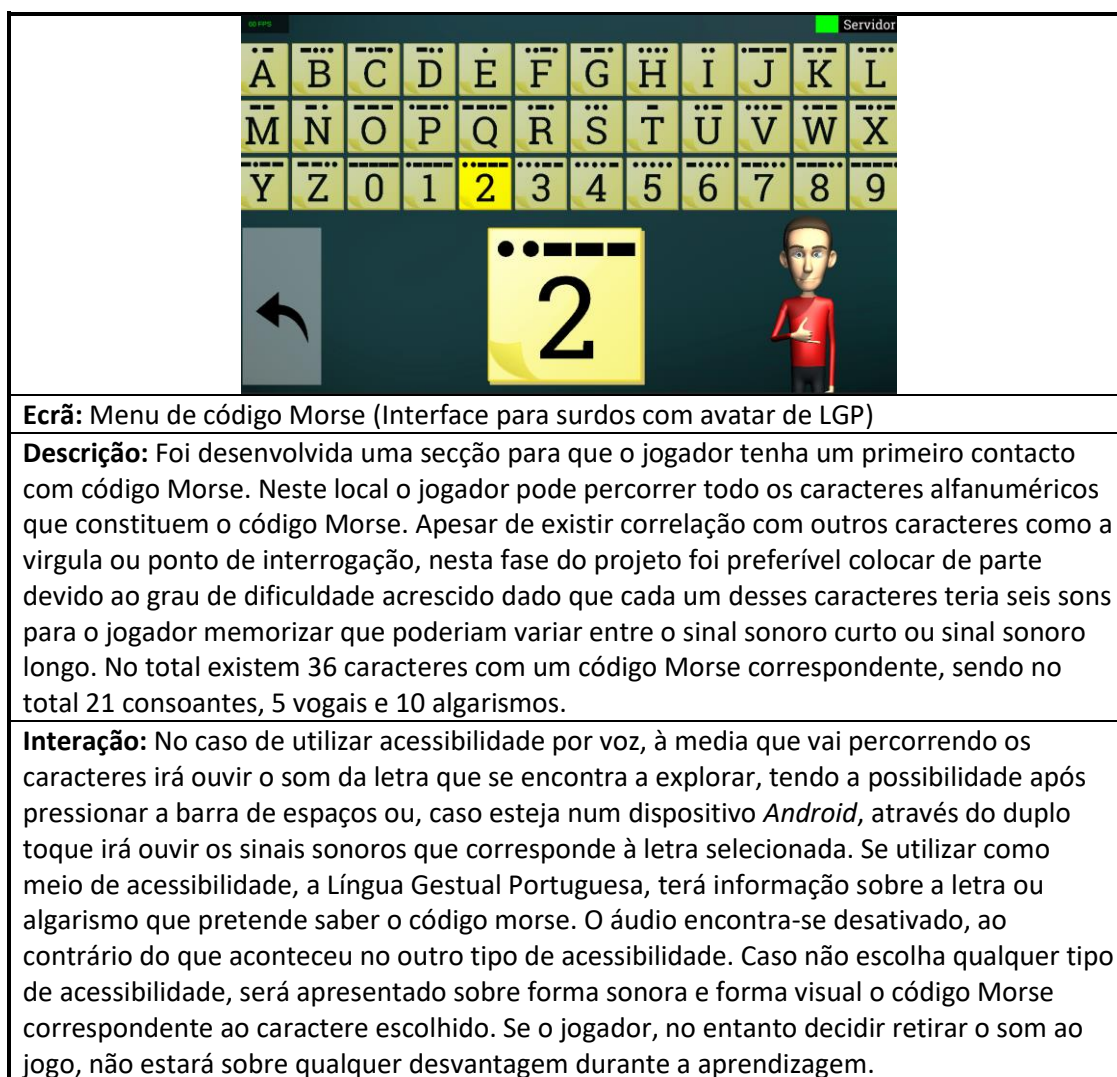


Figura 24 –Storyboard do menu de aprendizagem de código Morse

Nesta fase, inicia-se a primeira etapa do modelo cognitivo de Bloom (cf. Secção 2.2), onde memorizar passa pelo jogador associar os sons de código Morse à letra ou algarismo. Fazendo um paralelismo com a primeira etapa, verificamos se o público-alvo tem estado a prestar atenção sobre o conteúdo apresentado e se interiorizaram algum conhecimento fazendo questões enquanto o jogador explora os caracteres.

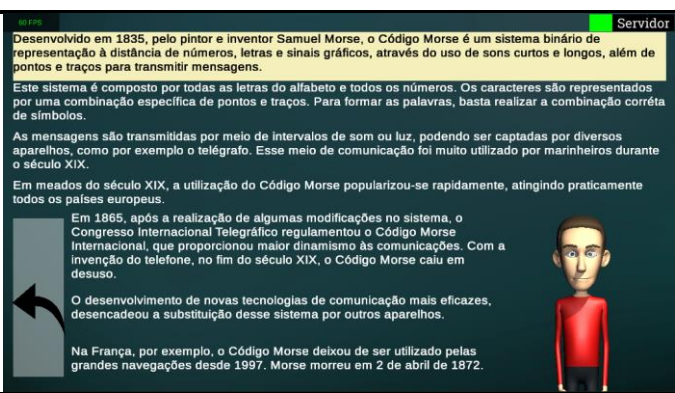
		
Ecrã: Menu da história do código Morse (Interface para surdos com avatar de LGP)		
Descrição: Nesta secção é possível aprender sobre a origem do código Morse e algumas curiosidades do tema. Permite que os utilizadores entendam o funcionamento de como os sons curtos e sons longos, bem como os traços e pontos definem os caracteres do alfabeto, números e outros caracteres especiais.		
Interação: O utilizador através dos meios de controlo já definidos, clica no lado direito do rato para obter a tradução, e caso esteja num dispositivo <i>Android</i> tocar uma vez sobre o texto.		

Figura 25 –Storyboard do menu da história do código Morse

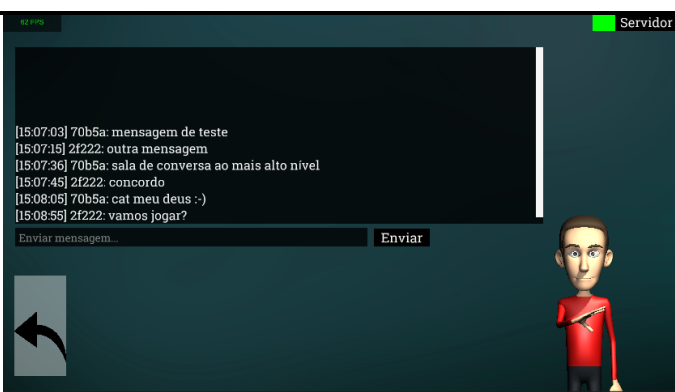
		
Ecrã: Menu de sala de conversa (Com língua gestual)		
Descrição: A premissa deste projeto é a inclusão social através de um jogo multijogador, como tal é permitido aos jogadores interagirem uns com os outros fora do jogo permitindo uma comunicação bidirecional sem nunca revelar se a pessoa com que um jogador se encontra a comunicar tem algum tipo de acessibilidade ativa ou não.		
Interação: No caso de ser um jogador cego, o mesmo terá a possibilidade de comunicar através da voz. Caso o jogador seja surdo ou não tenha qualquer tipo de acessibilidade só terá a possibilidade de escrever uma mensagem. A mensagem recebida pelos outros utilizadores será feita conforme o seu meio de acessibilidade. Se for um utilizador cego, ele recebe a mensagem escrita através da voz sintética. Se o utilizador for surdo, ele vê o texto e a tradução por LGP. Em suma, durante a utilização do jogo sério, os jogadores nunca sabem se os outros jogadores com o qual estão a lidar têm algum tipo de acessibilidade, promovendo assim equidade entre todos os utilizadores.		

Figura 26 – Storyboard da Sala de Conversa

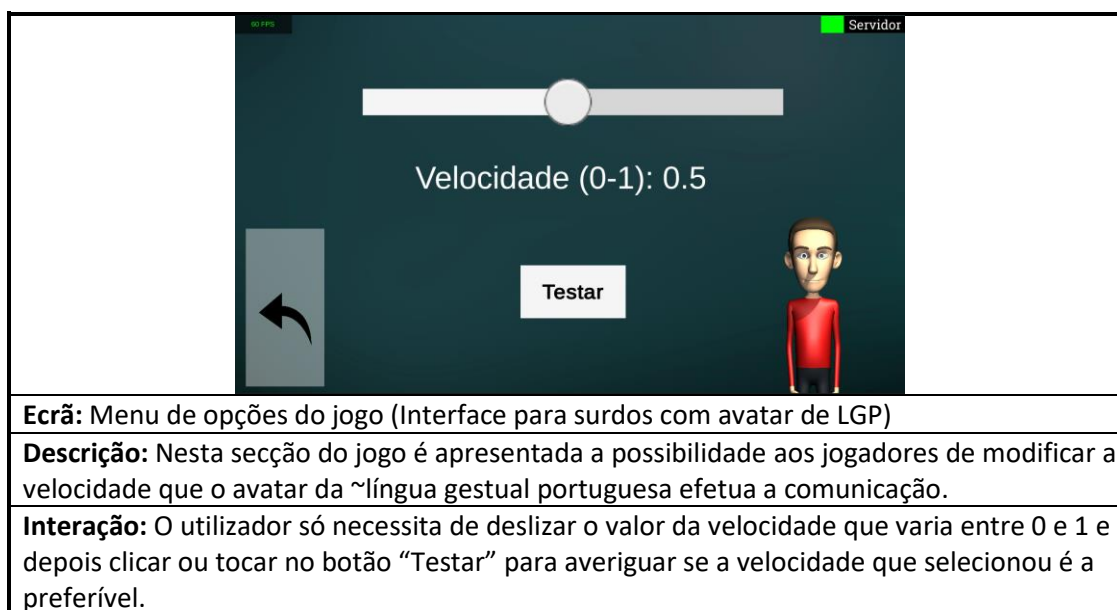


Figura 27 – Storyboard das opções de jogo

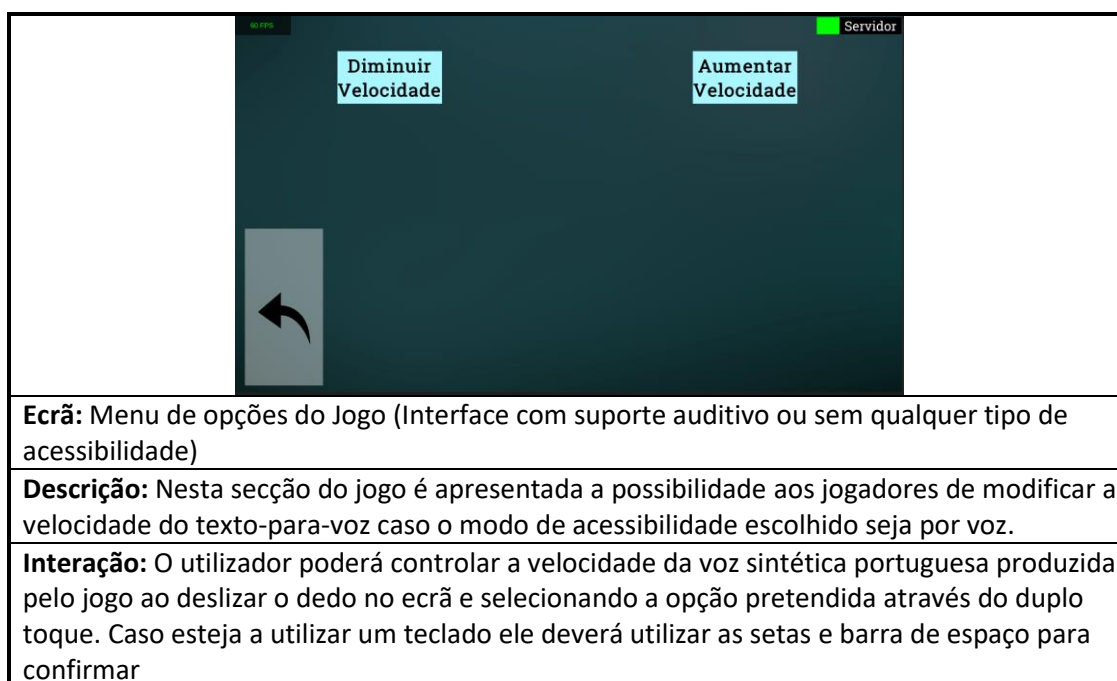


Figura 28 – Storyboard das opções de jogo

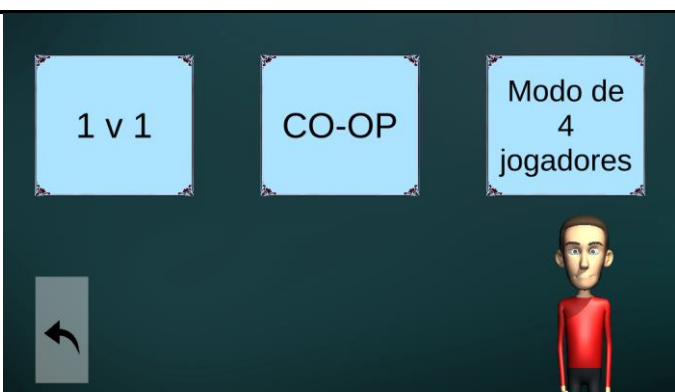
		
Ecrã: Menu de modos de Jogo (Interface para surdos com avatar de LGP)		
Descrição: Após clicar em “Partida Online”, o Morseline apresenta três modo de jogo, sendo que o modo de jogo “1 contra 1” e “4 jogadores” tem o mesmo objetivo, ou seja, quem colecionar mais respostas corretas de código Morse vence. No caso do modo de jogo em equipa, os dois jogadores jogam para o mesmo objetivo que consiste em conseguir acertar no mínimo de respostas pré-estabelecido de modo a concluir com sucesso o jogo.		
Interação: Para iniciar um modo do jogo, o jogador terá de entrar na fila de espera onde o servidor o irá emparelhar com outro jogador que se encontra ao mesmo nível. Para tal foi colocado um limite máximo de diferença entre os dois jogadores, de modo a que os níveis de habilidade não fossem díspares.		

Figura 29 – Storyboard dos modos de jogo

		
Ecrã: 1 contra 1 (Interface com suporte auditivo ou sem qualquer tipo de acessibilidade)		
Descrição: Quando o jogador inicia o jogo, é apresentado através de áudio ou texto um pequeno tutorial sobre o que vai encontrar durante a jogabilidade. Após terminado o tutorial que ensina as mecânicas para jogar, o jogador movimenta-se para o primeiro checkpoint onde irá ouvir um código Morse a ser emitido por um telégrafo.		
Interação: O jogador terá duas opções de resposta constituídas por um caractere alfanumérico em cada uma delas, sendo que uma das opções é a correta e que corresponde ao som emitido pelo telégrafo.		

Figura 30 – Storyboard do modo de jogo 1 contra 1


		
Ecrã: Jogo em equipa (Interface para surdos com avatar de LGP)		
Descrição: Quando o jogador inicia o jogo, é apresentado através de áudio ou texto um pequeno tutorial sobre o que vai encontrar durante a jogabilidade. Após terminado o tutorial que ensina as mecânicas para jogar, o jogador movimenta-se para o primeiro checkpoint onde irá ouvir um código Morse a ser emitido por um telégrafo.		
Interação: O jogador terá duas opções de resposta constituídas por um caractere alfanumérico em cada uma delas, sendo que uma das opções é a correta e que corresponde ao som emitido pelo telégrafo. A diferença para o modo de jogo 1 contra 1 é que o jogador poderá comunicar com o colega de equipa. Ambos poderão discutir qual será a resposta correta se assim entenderem com o objetivo de obter o máximo de respostas corretas possíveis. O jogador cego terá a possibilidade de comunicar por voz, enquanto que os outros jogadores utilizarão o texto como meio de comunicação.		

Figura 31 – Storyboard do modo de jogo em equipa

		
Ecrã: Jogo com 4 jogadores (Interface com suporte auditivo ou sem qualquer tipo de acessibilidade)		
Descrição: Quando o jogador inicia o jogo, é apresentado através de áudio ou texto um pequeno tutorial sobre o que vai encontrar durante a jogabilidade. Após terminado o tutorial que ensina as mecânicas para jogar, o jogador movimenta-se para o primeiro checkpoint onde irá ouvir um código Morse a ser emitido por um telégrafo.		
Interação: O jogador terá duas opções de resposta constituídas por um caractere alfanumérico em cada uma delas, sendo que uma das opções é a correta e que corresponde ao som emitido pelo telégrafo. Em termos de mecânica de jogo é exatamente igual ao modo 1 contra 1 sendo que a diferença é conter mais jogadores.		

Figura 32 – Storyboard do modo de jogo com 4 jogadores

5.2.3 Modos de jogo detalhados

Antes de serem detalhados os modos de jogo, será apresentado o cenário onde esses modos de jogo são jogados. Com recurso a *assets* ambientais, foi possível arranjar um cenário onde fosse possível implementar os objetos associados ao jogo. Na Figura 33 encontra-se uma vista geral do cenário utilizado. A vermelho está o caminho que o jogador irá percorrer, correspondente aos quatro checkpoints presentes. A possibilidade de escalabilidade do jogo é interessante visto que existe espaço suficiente para incorporar outros componentes ambientais.



Figura 33 – Vista geral do mapa de jogo com os quatro *checkpoints*

Com o objetivo de incorporar a componente de ajuste dinâmico de dificuldade nestes modos de jogo, foram implementados quatro *checkpoints*, compostos por um código Morse a ser emitido por um telégrafo e duas respostas possíveis, podendo ser escalável através de novos *checkpoints* e níveis.



Figura 34 – Exemplo de um checkpoint através da interface apresentada a um utilizador sem acessibilidades ao utilizar um PC (esquerda) e a interface apresentada com curso a língua gestual (direita) utilizando um dispositivo *Android*

Como prova de conceito e dado tratar-se um jogo multijogador, tendo em conta a complexidade inicial na aprendizagem e após *feedback* obtido com os públicos-alvo, foi preferível implementar um percurso curto e funcional. Nesse percurso, a dificuldade será ajustada dinamicamente conforme o desempenho de ambos os jogadores, dado que o código

Morse apresentado será o mesmo. Se ambos os jogadores acertarem no primeiro *checkpoint*, quando chegarem ao segundo *checkpoint*, a dificuldade aumenta ligeiramente, ou seja, acrescenta um caractere ao código Morse. Embora, para haver alguma justiça, caso um dos jogadores, ou até mesmo os dois falhem, a dificuldade mantém-se durante o próximo *checkpoint*. Deste modo, o jogador com mais aptidão irá receber no final uma pontuação referente à vitória, permitindo assim num próximo jogo habilitar-se a ser emparelhado com jogadores com habilidosos. Quando termina a passagem por todos os telégrafos presentes, é calculada no servidor a nova pontuação adquirida pelos jogadores, apresentando o resultado obtido no jogo e os novos pontos na tabela classificativa. Este cálculo baseia-se no sistema de pontuação ELO, conforme visto anteriormente (cf. Secção 5.1.1).

Tanto o modo de jogo 1 contra 1, e de 4 jogadores, as regras são idênticas. A diferença neste caso é que a comunicação é feita a quatro jogadores. Uma das razões para esta implementação foi para desenvolver as bases para um possível trabalho futuro relacionado com um jogo sério multijogador massivo *online* que poderia ter muitos mais jogadores com diversos tipos de acessibilidade a jogar entre si. Durante a fase de investigação, foi possível concluir que atualmente não existem videojogos que tenham um suporte específico apropriado para os utilizadores cegos e utilizadores surdos em simultâneo.

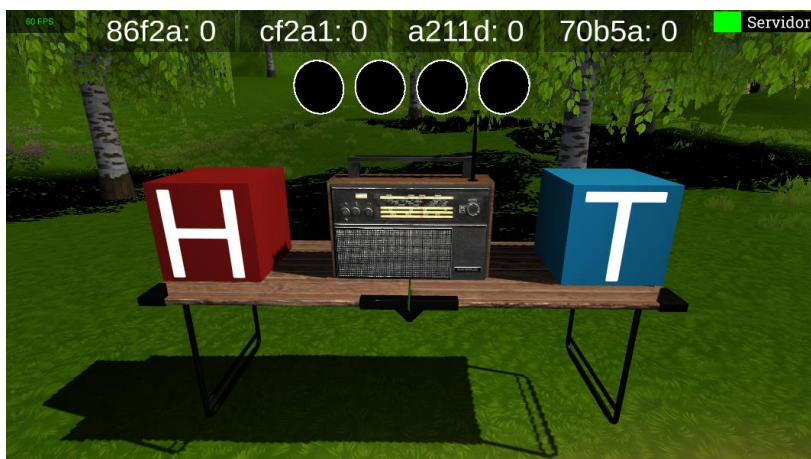


Figura 35 – Exemplo de interface apresentada aos utilizadores sem acessibilidades ativas

O modo de jogo em equipa, é semelhante aos modos de jogos anteriormente referidos, onde inicialmente é apresentado um pequeno tutorial sobre a forma de áudio, língua gestual ou texto conforme a acessibilidade ativa pelo jogador. A diferença que chama à atenção do jogador é a comunicação entre os dois jogadores encontrar-se ativa, ou seja, ambos podem comunicar entre si da maneira que for mais conveniente. No caso de o jogador ser cego e assumindo que escolhe o modo de acessibilidade por voz, utilizando os controlos definidos (cf. Secção 5.2.1), ele poderá comunicar por voz com o outro jogador. Por sua vez o outro jogador recebe a mensagem em texto, embora a forma como ela é reproduzida depende também da sua escolha de acessibilidade. Posto isto, ambos os jogadores podem partilhar a sua opinião sobre a escolha correta para o código Morse emitido via telégrafo.



Figura 36 – Exemplo de interface apresentada aos utilizadores sem acessibilidades ativas

Com a mecânica de jogo a ser semelhante ao modo referido na subsecção anterior, o objetivo final para ambos os jogadores é diferente. Ambos podem ganhar ou perder dado que não existe empate. A fórmula utilizada para obter o número necessário de respostas corretas foi a seguinte:

$$R = C + 1 \quad (22)$$

Em que **R**, significa o número de respostas corretas necessárias, e **C** significa o número de checkpoints existentes no nível. Pretende-se assim que os jogadores cheguem a um consenso na resposta, embora sendo a resposta final ao critério de cada um.

Posto isto, os jogadores podem comunicar para chegar a esse consenso sobre a resposta correta e assim manipular o sistema de DDA de modo a obterem respostas fáceis por onde escolher. No jogo, o DDA conforme visto anteriormente (cf. Secção 5.1.1), tem implementado um sistema que permite ajustar a dificuldade do código Morse apresentado conforme as respostas finais submetidas pelos jogadores. De seguida encontra-se uma tabela que melhor descreve esses ajustes.

Tabela 18 – DDA adaptativo durante a jogabilidade do Morseline

Jogadores	DDA
A e B acertam na resposta	Aumenta um caractere no código Morse
A acerta, mas B falha a resposta	Nível de dificuldade mantém-se
A falha, mas B acerta a resposta	Nível de dificuldade mantém-se
A e B falham a resposta	Dificuldade poderá baixar caso tenha subido anteriormente

Consequentemente, se no primeiro *checkpoint* ambos os jogadores escolherem corretamente a resposta que identifica o código Morse ouvido, no segundo *checkpoint* a dificuldade aumenta para os dois. A teoria dos jogos é um estudo sobre a componente estratégica das decisões realizados nos jogos. Posto isso, é possível explorar o DDA de modo a que os jogadores controlem parcialmente a dificuldade apresentada. De modo a exemplificar esta situação, é apresentada uma *payoff-matrix*. Como definido por David McAdams, no seu livro “Game-

Changer: Game Theory and the Art of Transforming Strategic Situations”, “Uma *payoff matrix* é um método fácil e eficaz de resumir os incentivos dados a um jogador [...]”. David McAdams acrescenta também que a matriz é definida pelos intervenientes, as ações possíveis e os possíveis resultados. De seguida encontra-se uma *payoff-matrix* tendo em conta o jogo sério desenvolvido.

Tabela 19 – Payoff Matrix

Escolha	Jogador B sabe a resposta	Jogador B não sabe a resposta
Jogador A sabe a resposta	1/1	1/0
Jogador A não sabe a resposta	0/1	0/0

Neste exemplo de *payoff-matrix* que só é possível durante o modo de jogo em equipa, dado que ambos os jogadores podem conversar de modo a progredir e tendo em conta o ajuste de DDA, a possibilidade de escolher sempre entre respostas mais fáceis de modo a atingir o objetivo é preferível. Desta forma, se ambos ou um dos jogadores estiver convicto da resposta correta ou um deles arriscar a resposta final e depois informar o colega de equipa se a resposta que submeteu foi correta ou não, eles podem manipular o ajuste do DDA até ao último *checkpoint*. No final ambos podem escolher a resposta correta sem qualquer repercussão na dificuldade.

5.2.4 Servidor

O primeiro passo para tornar o jogo sério de facto multijogador foi arranjar um servidor que não fosse local. Sendo que numa primeira fase de desenvolvimento todos os testes foram realizados localmente com recurso a um contentor *Docker* com as imagens referidas anteriormente (cf. Secção 5.1.1). A escolha recaiu sobre a *Amazon Web Services* por duas razões. A primeira dado que a sua utilização é gratuita durante 12 meses e a segunda porque o autor deste documento encontra-se bastante familiarizado com a tecnologia. Seguindo a documentação¹³ fornecida pela *Amazon*, em pouco tempo é possível implantar uma máquina virtual.

Name	Instance ID	Instance Type	Availability Zone	Instance State	Status Checks	Alarm Status	Public DNS (IPv4)
	i-0381e02a37f516e35	t2.micro	eu-west-2a	running	2/2 checks ...	None	ec2-3-8-139-189.eu-we...

Figura 37 – Painel de Controlo das máquinas virtuais criadas no AWS

Como a população do jogo não será de grande escala, um servidor é o suficiente para este tipo de jogo sério. No entanto, num ambiente ideal deveria de existir um servidor somente para a base de dados e os restantes serem servidores localizados em diversos pontos do planeta de modo a criar menor latência entre os jogadores. Como se trata de um jogo que se identifica como *turn-based*, ainda que seja somente uma ação por turno de cada jogador a cada *checkpoint*, a existência de um único servidor que trate da componente lógica entre o cliente e servidor é suficiente. De seguida os primeiros passam por fazer o *upload* do código de lado de servidor. Recorrendo ao *Filezilla*¹⁴ e à chave-par¹⁵ gerada durante a criação da instância, é

¹³ <https://docs.aws.amazon.com/efs/latest/ug/gs-step-one-create-ec2-resources.html>

¹⁴ FileZilla é um cliente FTP, SFTP e FTPS *open-source*

¹⁵ Chave gerada durante a criação de uma máquina virtual EC2 que permite encriptar e desencriptar informações de autenticação.

possível obter uma ligação entre um computador local e o servidor que se encontra alojado no AWS. Consequentemente, o jogo sério fica disponível para ser acedido em qualquer ponto ao invés de ser limitado a uma rede local.

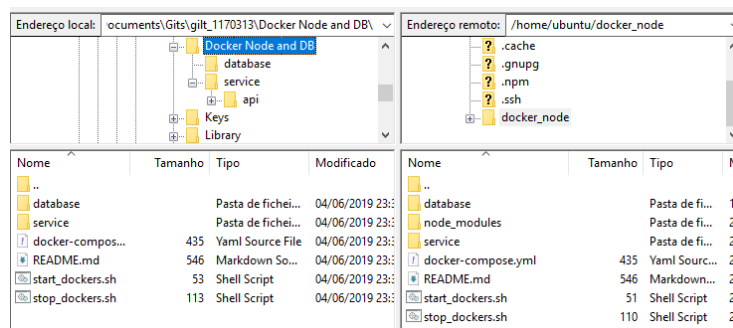


Figura 38 – Filezilla GUI com ficheiros locais (esquerda) e ficheiros no servidor *online* (direita)

Como já referido anteriormente e também durante o desenho da solução (cf. Secção 5.1.1), o *Docker* permite facilmente a escalabilidade das aplicações, ou seja, facilmente pode-se implantar um servidor noutra local que não os servidores fornecidos pela *Amazon*.

De modo a agilizar o processo de escalabilidade, foram desenvolvidos scripts com recurso a *shell scripts*¹⁶ e ao *Docker Compose*¹⁷. A estrutura das pastas com conteúdo referente ao servidor foi organizada da seguinte forma, como apresentado na Figura 39.

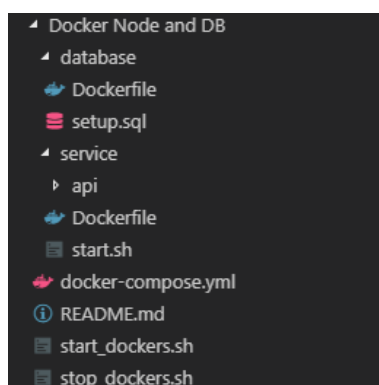


Figura 39 – Estrutura das pastas relacionadas com o servidor

A pasta “*database*” define toda a informação relacionada com a base de dados do servidor. O ficheiro “*setup.sql*” permite definir as tabelas da base de dados (cf. Secção 5.1.3). No caso do ficheiro “*Dockerfile*”, encontra-se definida qual a imagem a utilizar da base de dados pretendida (*MySQL*) que se encontra no repositório *online* do *Docker*.

¹⁶ Shellscript é uma linguagem de *script* utilizada principalmente em sistemas GNU/Linux <https://www.shellscript.sh/>

¹⁷ Docker Compose é uma ferramenta que permite definir e executar múltiplos contentores em simultâneo (e.g. Base de Dados e NodeJS)

No caso da pasta “*service*”, encontra-se todo o código referente à comunicação através de *sockets* entre o cliente e o servidor. Juntamente, encontra-se também uma componente relativa à *REST API* que permite obter dados relativos às classificações no servidor de jogo.

O seguinte excerto de código, que se encontra na Figura 40, foi o ficheiro *YAML*¹⁸ utilizado de modo a assistir na construção das imagens por parte do *Docker* que foi utilizado para o desenvolvimento da componente de servidor.

```
1. version: '2.1'
2. services:
3.   api:
4.     build: ./service
5.     restart: always
6.     ports:
7.       - "1234:1234"
8.     depends_on:
9.       db:
10.        condition: service_healthy
11.     environment:
12.       - DATABASE_HOST=db
13.     volumes:
14.       - ./service/api:/app/api
15.   db:
16.     build: ./database
17.     ports:
18.       - "3306:3306"
19.     healthcheck:
20.       test: ["CMD", "mysqladmin", "ping", "-h", "localhost"]
21.       timeout: 20s
22.       retries: 10
```

Figura 40 – Ficheiro de configuração *docker-compose.yml* utilizado

Com recurso a este ficheiro, é possível mapear as portas dos contentores do *Docker* com as do servidor para que seja possível aceder a esses contentores. Também é possível definir as pastas onde se encontram as imagens a serem carregadas. De modo a criar uma implantação linear, o *NodeJS* (aqui descrito como “*api*”) depende do sucesso da criação da base de dados. Para testar esse sucesso, é possível efetuar um *healthcheck* que a cada 20 segundos envia um *ping* ao contentor da base de dados. Se detetar alguma anomalia, irá tentar reiniciar o serviço até que se encontra em total funcionamento.

Relativamente à implementação no *NodeJS*, o seguinte excerto de código, referente à Figura 41, apresenta sucintamente os passos desde a primeira ligação ao servidor até ao ponto em que um jogador fica a aguardar pelo emparelhamento com outro jogador.

```
1. io.on('connection', function (socket) {
2.
3.   (...)
4.
5.   socket.on('connecting', function (data) {
6.     socket.emit('connectedsuccess', {
7.       message: 'Connected'
8.     });
9.   });
10. });
```

¹⁸ Formato de serialização de dados legíveis- <https://learn.getgrav.org/16/advanced/yaml>

```

11.     socket.on('matchmaking', function (data) {
12.         (...)
13.         socket.broadcast.emit('waitingPlayers', { // add this player to li
14.             st
15.             id: currentClient.id,
16.             username: currentClient.username,
17.             disabled: currentClient.isDisabled,
18.             deaf: currentClient.isDeaf,
19.             blind: currentClient.isBlind,
20.             elo: currentClient.elo
21.         });
21.     });

```

Figura 41 – Excerto de código referente à entrada num modo de jogo

O primeiro passo, como apresentado anteriormente (cf. Secção 5.2.1), passa pela escolha do modo de acessibilidade pretendido. Após esse passo, inicia-se o pedido de conexão com o servidor que se encontra apresentado no código na primeira linha. O servidor recebe o pedido de um cliente e mantém a *socket* ativa enquanto não houver falhas na comunicação. Caso a comunicação seja realizada com sucesso, o servidor envia uma mensagem, conforme apresentado nas linhas 5 a 9.

Eventualmente, o jogador irá entrar num modo de jogo, aí ele mostra a sua intenção de entrar numa fila de espera num dos três modos de jogo. Quando o servidor recebe um pedido “matchmaking” da parte do jogador, as ações necessárias são tratadas para que não existam problemas de sincronismo entre os outros jogadores. No final, é enviado um *broadcast* a todos os jogadores a avisar que um novo jogador se encontra em fila de espera. Desta forma é possível verificar posteriormente se existem jogadores com um nível similar a este jogador e assim emparelhá-lo numa partida.

6 Experimentação e Avaliação

Finalizado o desenvolvimento do projeto, é imprescindível obter *feedback* das partes interessadas, o que no caso deste jogo sério desenvolvido foram utilizadores cegos e utilizadores surdos. Neste capítulo são apresentados testes de hipóteses, as grandezas a serem avaliadas, critérios de avaliação utilizados e as metodologias de avaliação e testes de hipóteses que servirão de apoio à solução final.

6.1 Hipótese

De modo a verificar se o desenvolvimento do jogo sério contribui para melhorar a inclusão social e o acesso à educação das pessoas cegas e surdas, a hipótese a testar passa por averiguar se um jogo que estimula a aprendizagem e inclusão social através da temática de código Morse, com elevada adaptabilidade às necessidades dos jogadores e com um desenvolvimento técnico seguindo diretrizes de acessibilidade contribui para a literacia digital e a comunicação entre as comunidades.

- **Hipótese Nula (H_0)** - A utilização do jogo sério desenvolvido não estimula a aprendizagem nem contribui para a literacia digital das pessoas cegas e pessoas surdas.

Em que, H_0 significa que em média o jogo sério multijogador desenvolvido não contribuiu para o estímulo cognitivo dos jogadores nem para a literacia digital da comunidade cega e comunidade surda.

- **Hipótese Alternativa (H_1)** - A utilização do jogo sério desenvolvido estimula a aprendizagem e contribui para a literacia digital das pessoas cegas e pessoas surdas.

Em que, H_1 significa que em média o jogo sério multijogador desenvolvido contribuiu para o estímulo cognitivo dos jogadores e para a literacia digital da comunidade cega e comunidade surda.

6.2 Grandezas de Avaliação

Com vista a avaliação da solução final, as seguintes grandezas foram definidas de modo a avaliar a qualidade do jogo sério:

- **Técnica** – No aspeto técnico do jogo é possível concluir se as funcionalidades e acessibilidades fornecidas vão ao encontro do pretendido pelo jogador;
- **Ergonómica** – Sobre a grandeza de ergonomia é pretendido obter comentários sobre a interação do jogador com o jogo sério na plataforma pretendida pelo mesmo. Neste caso os fatores a avaliar são usabilidade, jogabilidade e sociocultural;
- **Pedagógica** – A grandeza pedagógica permite aferir se o jogo sério teve um efeito positivo na aprendizagem, neste caso, através do tema código Morse. Os fatores a avaliar são aprendizagem e pensamento crítico.

6.2.1 Quantitative Evaluation Framework

De modo a validar a qualidade e desempenho do jogo sério desenvolvido, este projeto é acompanhado por uma análise recorrendo ao QEF.

O QEF é uma ferramenta genérica que permite avaliar qualquer plataforma em qualquer fase do seu desenvolvimento (Escudeiro & Bidarra, 2008). Habitualmente apresenta três dimensões, onde cada uma dessas dimensões apresenta um conjunto de fatores, sendo que cada um deles é formado por um grupo de requisitos (Carvalho, Escudeiro & Coelho, 2017). Enquadrando com as grandezas deste projeto, é possível definir o QEF em três dimensões: pedagógica, ergonómica e técnica. Estas dimensões permitem avaliar os objetivos pretendidos com este projeto.

Tabela 20 – Versão simplificada com as dimensões e fatores do QEF

Dimensão	Fator
Pedagógica	Aprendizagem
	Pensamento Crítico
Ergonómica	Usabilidade
	Jogabilidade
	Sociocultural
Técnica	Funcionalidade
	Acessibilidade

Sobre a dimensão pedagógica, os dois fatores que se pretende avaliar são a aprendizagem e a acessibilidade fornecida para esse objetivo. Os tipos de requisitos avaliados remetem para a taxonomia de Bloom (ver secção 2.2) e sobre a temática do código Morse.

Na dimensão ergonómica são avaliados três fatores: usabilidade, jogabilidade e sociocultural. Sobre a usabilidade os requisitos avaliados passam pela interação entre o jogador e o jogo sério, bem como fatores externos ao jogador, mas relevantes para a usabilidade como o desempenho do servidor e as plataformas onde o jogo pode ser executado.

Por último, a dimensão técnica permite avaliar as funcionalidades implementadas no jogo sério e se os tipos de acessibilidade implementados são utilizados convenientemente de forma a que o público alvo sinta que a mesma não é intrusiva, mas sim uma mais valia no jogo.

No total existem 57 requisitos definidos no QEF, no qual alguns dos requisitos necessitam de ser avaliados com recurso à utilização do jogo pelo público-alvo. Para esse efeito, foi desenvolvido um inquérito (cf. ANEXO B), de modo a dar resposta a esses fatores. No contingente geral do QEF e com o recurso ao feedback obtido durante as fases de experimentação do protótipo do projeto junto do público alvo, o QEF permitiu obter um valor de 88% na percentagem total de cumprimento, o que não deixa de ser um resultado interessante face ao tipo de públicos alvos com necessidades de acessibilidade implementadas de modo a proporcionar uma experiência agradável aos mesmos. No geral os utilizadores ficaram agradados com a experiência e recomendavam o jogo sério para efeitos de aprendizagem de código Morse. Na Tabela 21 encontra-se o QEF final obtido.

Tabela 21 – Quantitative Evaluation Framework (QEF) referente ao Morseline

q	D	qi	Dimensões	Qj	P _{ij} (Peso do fator j in Dim i) [0,1]	Fatores	prjk (peso do requisito k no Fator j) {2, 4, 6, 8, 10}	Requisitos	pck % cumprimento do requisito k) [0,100]
88%	0,28	83,48	Pedagógica	87,07	0,55	Aprendizagem	10	O jogo promove uma linha educativa incremental	75
							8	O jogo premeia os jogadores que melhor identifiquem o código Morse apresentado	100
							10	A cada checkpoint, os jogadores recebem um comentário se a resposta foi correta ou não	75
							10	O contexto de aprendizagem segue as diretrizes apresentadas na taxonomia de Bloom	100
							10	O contexto de aprendizagem relativamente ao código Morse é apropriado	75
							10	O jogo permite o reconhecimento de padrões interligados com o código Morse	100
				79,17	0,45	Pensamento Crítico	10	O jogo promove o autodidatismo	100
							8	O jogo permite a recolha de informação sobre o código Morse antes do jogador entrar num jogo	100
							10	Através de possibilidades de resposta, o jogador pode tomar a decisão mais correta	75
							10	Através de áudio sobre o código Morse e do caractere correspondente, o jogador poderá fazer uma associação mental	75
							10	O feedback recebido sobre as respostas, permite o jogador identificar a correta numa próxima tentativa	50
		82,23	Ergonómica	82,07	0,45	Usabilidade	10	A interface de navegação é intuitiva	100
							10	As instruções durante o jogo são claras, precisas e concisas	50
							10	O utilizador consegue facilmente iniciar e sair do jogo	75

						10	A navegação entre os menus é consistente	75	
						10	O conteúdo do jogo não contém erros gramaticais ou sintáticos	100	
						10	O jogo é multiplataforma	75	
						10	É fornecido feedback visual e auditivo nas ações do jogador	75	
						10	O desempenho do servidor é aceitável	100	
						6	O jogo tira proveito das funcionalidades nativas das plataformas	75	
						6	O jogo pode ser atualizado sem afetar as configurações atuais no dispositivo	100	
				81,55	0,45	Jogabilidade	10	Suportes adequados às necessidades de acessibilidades melhoram a jogabilidade	100
							8	O jogo é desafiante	100
							10	O código Morse é perceptível	100
							10	O principal objetivo do jogo é esclarecido no início do jogo	75
							10	A dificuldade é adaptada conforme as respostas dos jogadores	75
							10	O sistema de emparelhamento de jogadores é justo	75
							4	A história do código Morse é inserida de modo a enriquecer o conhecimento pelo tema	100
							8	O jogo fornece dicas durante a jogabilidade	0
							8	O jogo apresenta diversos checkpoints disponíveis a cada cenário de jogo	100
				78,57	0,10	Sociocultural	6	Jogo encontra-se disponível em vários idiomas	50
							8	Jogo não contém conteúdos ofensivos ou violência que possam ofender alguma comunidade	100
				86,98	Técnica	88,39	0,58	Funcionalidades	10
		10	Utilizador consegue criar uma conta						0
		10	Utilizador tem conta associada ao dispositivo						100
		8	Utilizador entra em qualquer fila de modo de jogo						100
		8	Utilizador sai da fila do modo de jogo						100
		10	Utilizador entra para jogo após o servidor encontrar os jogadores necessários						100

							8	Utilizador escolhe que caractere do código Morse pretende aprender	100
							10	Utilizador pode ver ou ouvir o código Morse	100
							6	Utilizador pode fazer alterações relacionadas com o seu tipo de acessibilidade	100
							6	Utilizador consegue repetir o código Morse dentro do jogo	100
							10	Utilizador pode repetir as respostas possíveis para decifrar o código Morse	100
							2	Utilizador tem direito a uma classificação no jogo	100
							6	Utilizador pode verificar as classificações globais	50
							8	Utilizador pode sair do jogo	100
				85,00	0,42	Acessibilidade	10	A voz sintética comunica convenientemente com o jogador	100
							10	As instruções dadas pela voz sintética foram claras	75
							10	A velocidade da voz sintética é adequada	75
							10	As dicas sonoras ou visuais, durante a navegação dos menus são adequadas	75
							10	O áudio encontra-se equilibrado	100
							10	O som não deve ser intrusivo na navegação e jogabilidade do jogo	75
							10	O avatar de língua gestual comunica convenientemente com o jogador	75
							10	As instruções dados pelo avatar foram claras	75
							10	As velocidades dos gestos produzidos são adequados	100
							10	O avatar não deve ser intrusivo na navegação e jogabilidade do jogo	100

6.3 Metodologia de Avaliação

De modo a validar as hipóteses definidas anteriormente, foram realizados inquéritos de modo a aferir a qualidade do desenvolvimento da solução.

Inicialmente foram realizadas duas perguntas para perceber se os inquiridos tinham o hábito de jogar videojogos e qual a plataforma preferida para jogar um jogo.

Jogou algum jogo no último ano?

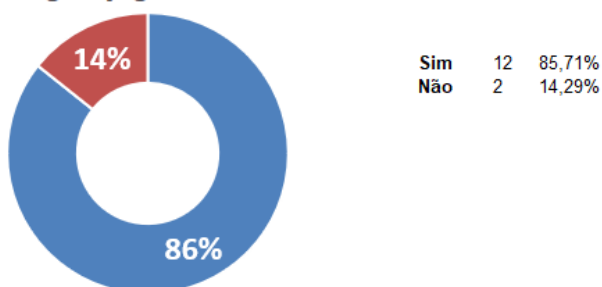


Gráfico 1 – Gráfico sobre o número de pessoas que jogaram jogos no último ano

Tem preferência por jogar no PC ou Smartphone?

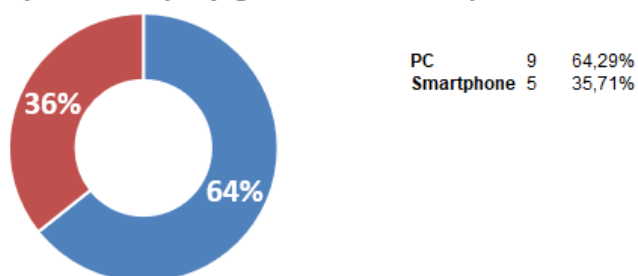


Gráfico 2 – Gráfico sobre o dispositivo preferido para jogar

Posteriormente, a primeira componente do inquérito era sobre a dimensão pedagógica, onde as perguntas incidiam sobre o tema código Morse, fosse durante a aprendizagem ou quando era aplicado no contexto de um jogo. Esta componente era composta por 5 perguntas que continham cinco hipóteses de escolha, utilizando a escala de Likert¹⁹ em que 1 correspondia a “discordo totalmente” e 5 a “concordo totalmente”. Na segunda parte do inquérito as perguntas tinham como foco a dimensão ergonómica no qual são colocadas algumas perguntas sobre a usabilidade e a jogabilidade do jogo sério. Nesta componente do inquérito existiam 6 perguntas. Algumas das respostas dadas também servirão de apoio à dimensão técnica do QEF.

Por fim, as perguntas apresentadas eram sobre a dimensão técnica do jogo, nomeadamente sobre as funcionalidades, componente *online*. O inquérito (cf. ANEXO B) foi disponibilizado em formato *online* através da plataforma *Google Forms* e era composto por perguntas de resposta aberta para aferir se os inquiridos eram habituais jogadores, bem como perceber que tipos de

¹⁹ https://pt.wikipedia.org/wiki/Escala_Likert

jogos se interessava. No final de cada inquérito foi pedido um comentário aos utilizadores sobre funcionalidades novas a implementar e que melhorias gostavam de sugerir.

Numa primeira fase de testes, o primeiro grupo que testou a solução era constituído por 5 pessoas, dispersas por dois dias de testes, onde estiveram presentes duas pessoas cegas (do género feminino) de nascença e duas pessoas com cegas (do género masculino) e um jovem do género masculino com baixa visão. A ACAPO foi bastante importante para realizar estes testes porque ofereceu condições bastante positivas e tempo para testar adequadamente o jogo. Ainda durante a primeira fase de testes, que contemplou principalmente a jogabilidade do jogo ainda que limitada a dois checkpoints ao invés de quatro apresentados na solução final e que serviu principalmente para obter *feedback* do desenvolvimento, o jogo foi testado com utilizadores aleatórios sendo que a maior parte deles não tinham qualquer tipo de deficiência auditiva ou visual, mas preferiram experimentar o jogo com recurso a suporte auditivo ou sem qualquer tipo de acessibilidade. Estes últimos inquiridos, ainda que não necessitassem de qualquer suporte, testaram o jogo visto que apesar do público alvo ser principalmente as comunidades cegas e surdas, um jogador que não tenha necessidades de acessibilidade poderá também jogar o jogo sério, desde que no início não escolha a opção de suporte auditivo ou visual. Neste grupo, existia a presença de uma pessoa do género feminino e quatro pessoas do género masculino.

Na última fase de testes, a ACAPO novamente disponibilizou-se a possibilitar os testes sendo que alguns dos inquiridos também participaram na primeira fase de testes. Assim era possível aferir se o desenvolvimento foi ao encontro dos comentários recebidos na primeira fase.

6.4 Análise dos Resultados

De modo avaliar corretamente a análise dos resultados, é apresentado este subcapítulo onde será discutida e avaliada cada grandeza conforme as respostas obtidas.

No total existiram 14 inquiridos, divididos em três grupos conforme referido na secção 6.3. A taxa de respostas foi 100%, ou seja, todos os utilizadores que testaram o jogo, responderam ao inquérito no final. Convém ter em conta que a amostra populacional testou o jogo em ambas as plataformas, sendo que as respostas se baseiam na experiência de jogabilidade em ambos os dispositivos (PC & Android). Nesta análise de resultados pretende-se verificar se de facto a hipótese testada é válida ou nula.

A tabela seguinte apresenta a média das respostas de cada uma das três partes dos inquéritos realizados.

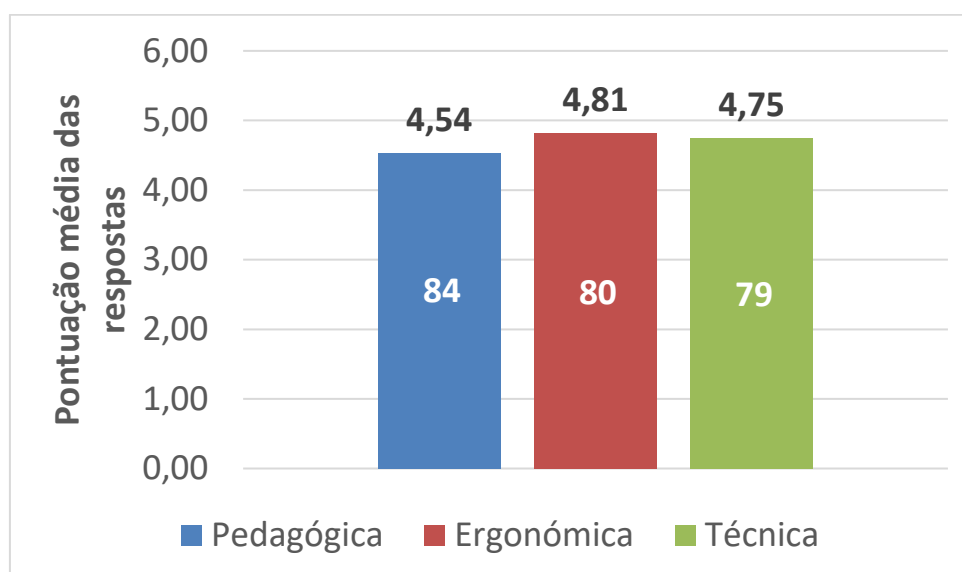


Gráfico 3 - Valor quantitativo médio das respostas dadas pelos inquiridos

Na breve análise do Gráfico 3 é possível concluir que a dimensão ergonómica foi a mais apreciada pelos inquiridos. É possível afirmar que dado esta grandeza ter como objetivo responder às necessidades de acessibilidade do público-alvo, os inquiridos por norma avaliaram com a pontuação máxima os pontos referentes ao tipo de acessibilidade escolhida por eles.

A dimensão pedagógica, ainda que tenha um valor médio nas respostas bastante aceitável, é compreensível dado que os tipos de perguntas realizadas eram sobre o código Morse. O objetivo deste projeto era promover a equidade e interação entre as diversas comunidades, com especial foco nos cegos e surdos, logo a escolha de uma temática como o código Morse que apesar de ser bastante conhecida, nem toda a gente sabe como funciona, leva a que as respostas aos inquéritos fossem mais incertas. Os números apresentados dentro de cada coluna foram o número total de respostas obtidas nos inquéritos para cada uma dessas dimensões. A razão de a quantidade ser diferente deve-se ao número de perguntas que apesar de ser igual (6 perguntas por dimensão), o total de respostas depende também do tipo de acessibilidade escolhido.

De seguida serão apresentadas e analisadas as duas questões que tiveram maior e menor consenso entre os inquiridos para cada uma das dimensões já mencionadas. Os restantes resultados obtidos nos inquéritos encontram-se na secção de anexos deste documento (cf. ANEXO A).

6.4.1 Análise da Dimensão Técnica

A dimensão técnica, que englobava as funcionalidades do jogo, utilizou as respostas dadas pelos inquiridos de modo a completar o QEF. Esta dimensão terminou com uma taxa de cumprimento de 86,98%.

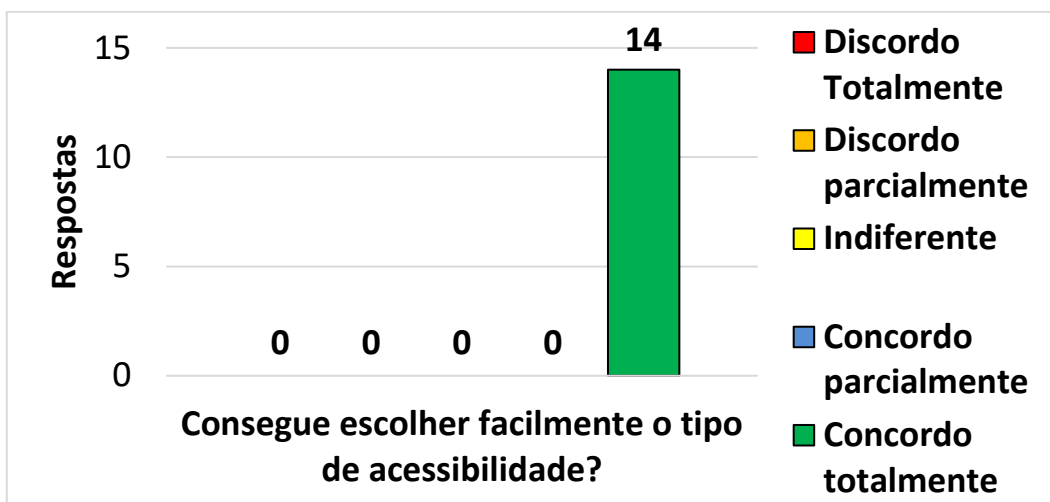


Gráfico 4 – Maior consenso entre os inquiridos na dimensão técnica

Durante o desenvolvimento do jogo, uma das atenções especiais era permitir que os utilizadores facilmente tivessem acesso à escolha de acessibilidade preferida. Como já referido e demonstrado anteriormente (cf. Secção 5.2.1), os controlos são simples para qualquer tipo de utilizador e encontram-se bem explicados as formas de navegar no jogo. Daí que nesta pergunta os inquiridos tenham sido unânimes na resposta.

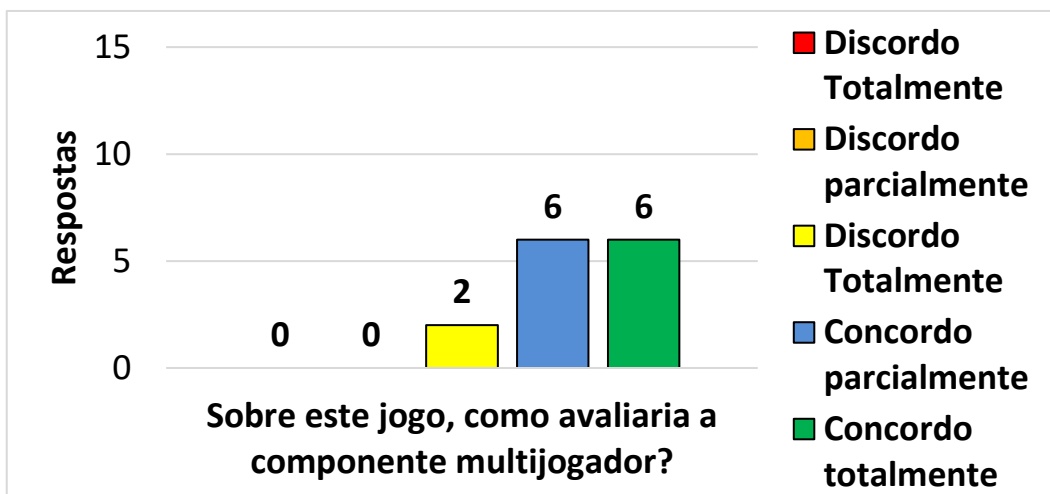


Gráfico 5 – Menor consenso entre os inquiridos na dimensão técnica

No Gráfico 5 é possível constar que as respostas foram um pouco dispares. Certamente deve-se com facto de alguns dos inquiridos não terem o hábito de jogar videojogos e levou a que respondessem com uma pontuação de 3 (não concorda nem discorda). No entanto, apesar de ter sido a questão com menor consenso nesta componente, a grande maioria achou que a componente *online* do jogo sério estava boa.

6.4.2 Análise da Dimensão Ergonómica

A dimensão ergonómica também ela foi suportada pelas respostas deste componente de modo a preencher o QEF. Esta dimensão terminou com uma taxa de cumprimento de 82,23%, o que

apesar de ter sido a que menos requisitos cumpriu na sua totalidade, também era a mais complexa de avaliar com o QEF visto que tinha em conta as componentes de acessibilidade na jogabilidade para os utilizadores cegos e utilizadores surdos.

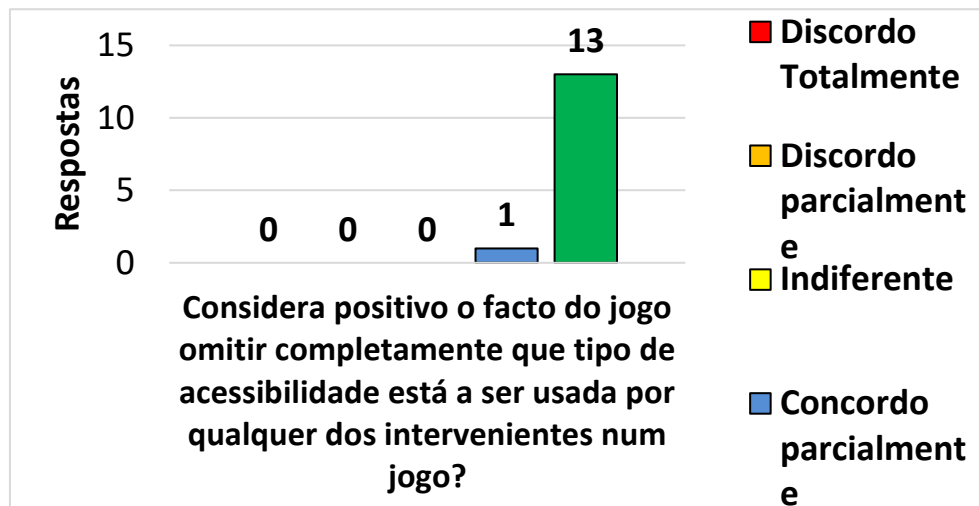


Gráfico 6 – Maior consenso entre os inquiridos na dimensão ergonómica

Como definido inicialmente (ver Secção 1.2), um dos objetivos desta dissertação passavam por promover a inclusão social da comunidade cega e da comunidade surda. Durante a fase de planeamento um dos pontos no qual existiu sempre uma atenção especial era nunca revelar que tipo de acessibilidade o adversário ou colega de equipa tinha ativo. Neste caso, ao tratar-se de um jogo sério multijogador cujo objetivo era promover a aprendizagem aos seus utilizadores, não existe o interesse em saber se o(s) jogador(es) que defronta é cego ou surdo por exemplo, a não ser para dados com fins estatísticos. Mesmo durante o modo de jogo em equipa ou durante a utilização da sala de conversa, os utilizadores comunicam da maneira mais conveniente para eles e a mensagem enviada é tratada conforme a acessibilidade escolhida pelos utilizadores que a rececionam.

Consequentemente, a vasta maioria dos utilizadores deram a pontuação máxima durante a esta questão.

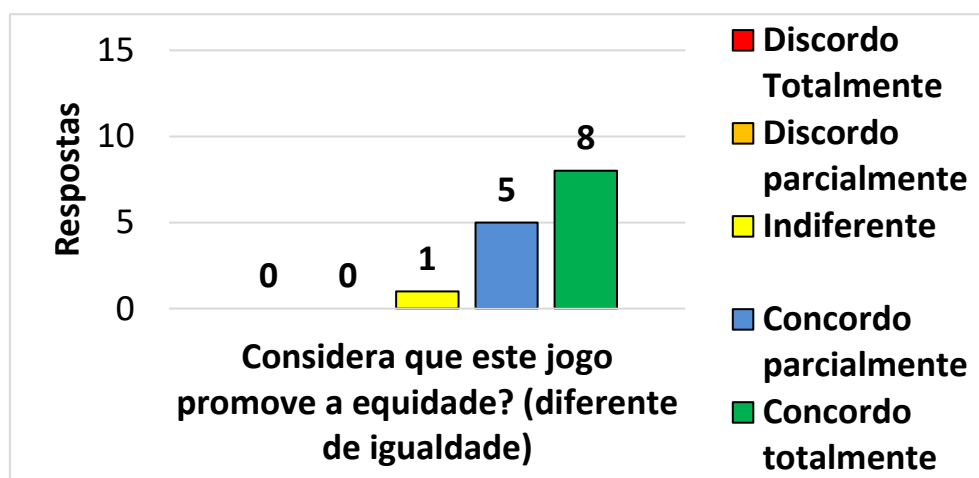


Gráfico 7 – Menor consenso entre os inquiridos na dimensão ergonómica

Relativamente à equidade, só um dos inquiridos não concordou que o jogo promovia equidade. Uma justificação possível talvez seja o facto desse inquirido ser um utilizador que não testou a componente de acessibilidade para cego ou surdos. Ou seja, desconhecendo o funcionamento de todas as interfaces implementadas e quais as necessidades pretendidas para os utilizadores dessas comunidades, preferiu dar uma pontuação de três (Indiferente) na escala de Likert.

6.4.3 Análise da Dimensão Pedagógica

A dimensão pedagógica teve o apoio das respostas dadas nesta componente do inquérito de modo a preencher o QEF. Esta dimensão terminou com uma taxa de cumprimento de 83,38%.



Gráfico 8 – Menor consenso entre os inquiridos na dimensão pedagógica

O facto de todos os inquiridos terem concordado, ainda que nalguns casos parcialmente, é possível afirmar que o objetivo de o jogo sério promover a educação no público alvo já definido foi cumprido. Os inquiridos na sua grande parte tinham conhecimento sobre o código Morse, mas, no entanto, não sabiam como o aplicar na prática. Inquiridos que durante a jogabilidade do jogo sério escolheram o suporte auditivo ofereceram bastante feedback relativamente a informação que poderia ser colocada para enriquecer, nomeadamente nas falas da voz sintética e inserção de novo conteúdo didático com a utilização do código Morse. Dos três grupos de inquiridos, foram os únicos no qual todos concordaram totalmente.

Com o objetivo de validar a hipótese testada (ver secção 6.1), o resultado obtido nesta questão permite aceitar a hipótese. Juntamente com a implementação multiplataforma deste jogo sério, os inquiridos desenvolvem competências de aprendizagem bem como a sua literacia digital.

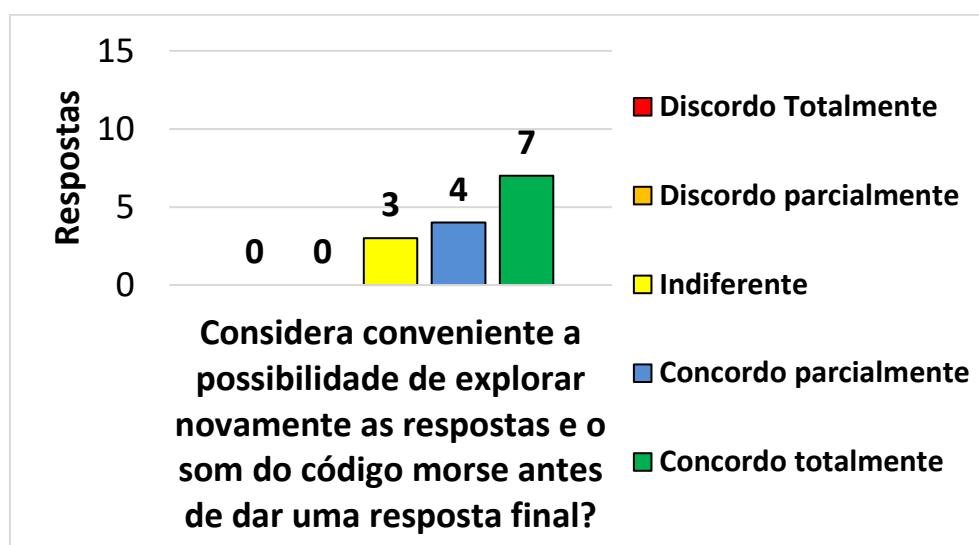


Gráfico 9 – Menor consenso entre os inquiridos na dimensão pedagógica

No Gráfico 9 é possível aferir que a distribuição das respostas apesar de concordarem com a pergunta, surgiram três casos em que os inquiridos ficaram indiferentes. No *feedback* posterior ao inquérito, os participantes referiram que apesar do jogo sério apresentar as respostas possíveis e o código Morse correspondente, os mesmos não recebem dicas sobre a resposta. Daí que navegar várias vezes é bom porque permite a repetição do som e das respostas possíveis para escolha. Os inquiridos que ficaram indiferentes referem que dado ser um tema novo para eles, requer algum tempo de jogabilidade para memorizar o conteúdo para o conseguir aplicar apropriadamente. Tendo em conta a taxonomia de Bloom (ver secção 2.2), no fim da fase de testes os participantes ainda se encontravam entre o primeiro nível “memorizar” e o segundo nível “compreender”. Os mesmos referiam que necessitavam de mais tempo para interiorizar o tema bem como estipular uma estrutura mental do código Morse que conjugasse os sons ou imagens emitidas à letra correspondente.

6.5 Artigo Científico

Durante o desenvolvimento desta dissertação, foi proposto pela orientadora Paula Escudeiro a escrita de um artigo (cf. ANEXO C) baseado na aprendizagem digital através de jogos sérios suportado pelo projeto FCT/ COMPETE2020 – project ACE ref: PTDC/IVC-COM/5869/2014, POCI-01-0145-FEDER-016584. A conferência para a qual o artigo foi submetido trata-se da *13th Multi Conference on Computer Science and Information Systems*²⁰, mais precisamente na categoria de *e-Learning*. A conferência visa abordar temas como a ciência dos computadores, sistemas de informação e outros campos relacionados com tecnologias. A edição de 2019 conta com 10 categorias. Através deste artigo, foi possível apresentar metodologias a ter em conta durante o desenvolvimento de jogos sérios cujo público alvo sejam utilizadores cegos e utilizadores surdos.

A solução desenvolvida nesta dissertação com base na arquitetura do sistema/*framework* (cf. Secção 5.1.1) serviu como o exemplo que conjuga num só jogo ambas as comunidades. Dado

²⁰ MCCSIS 2019 - <https://mccsis.org/>

que a conferência tem como data de apresentação indefinida, mas que se irá realizar entre 16 e 19 de julho, posterior à data da escrita deste documento, não é possível oferecer qualquer comentário sobre a mesma. No entanto será certamente uma experiência enriquecedora dado que contará com a presença de vários participantes com conhecimentos na área dos jogos sérios, mais precisamente nos jogos sérios *e-Learning*.

O autor deste documento também contribuiu com a maior parte do capítulo referente à introdução do artigo.

6.6 Trabalho futuro

Foram implementados meios de acessibilidade para as comunidades principalmente cega e a surda que não se encontram limitados ao tema de aprendizagem sobre código Morse apesar de ter sido aplicado esse tema nesta dissertação. A escalabilidade foi pensada durante toda a fase de planeamento e desenvolvimento do sistema/*framework*, podendo ser facilmente implementadas novos temas de aprendizagem. Sobre a componente do servidor, a mesma foi trabalhada de modo a ser colocada num contentor *Docker*, o que possibilita a implantação em várias máquinas. Pode ser interessante no caso de houver interesse de escolas por exemplo em implementar o jogo sério no seu estabelecimento.

No entanto, algumas das melhorias ao atual projeto para o tornar um projeto robusto, passa pelo desenho de cenários variados e aumento de *checkpoints* (que implica aumento de tempo de jogo). Um dos pontos que também poderiam ser explorados seria a utilização de um meio de autenticação que utilizasse um desenho inclusivo e não universal (identificador do dispositivo para autenticação). Também a necessidade de desenvolver os meios de acessibilidade como *text-to-speech* sem recurso a *plugins* seria importante para que haja um controlo absoluto sobre as ferramentas de apoio ao jogo. Junto a este último ponto, com recurso a machine Learning de modo a obter melhores resultados na informação enviada por voz seria importante para corrigir casos em que as frases ou palavras anunciadas não correspondem às obtidas pelo programa.

Sobre as implementações específicas de modo a assistir convenientemente o público-alvo, é necessário que haja uma maior aproximação durante as várias fases do projeto de modo a que os testes sejam quase imediatos tendo em contas as funcionalidades implementadas. Manifestamente estas solicitações ao público alvo não podem ser constantes dado que os mesmos podem não se encontrar sempre disponíveis para testar, mas no âmbito de um projeto dedicado a este público alvo especificamente, o contacto constante é uma mais valia para obter um produto final com vá ao encontro total das expectativas pretendidas.

7 Conclusão

Na génese desta dissertação esteve a quase inexistência de jogos que fossem acessíveis à comunidade cega e comunidade surda em simultâneo. Apesar da população com estas necessidades de acessibilidade específicas serem ínfimas não devem ser esquecidos. Numa altura que os avanços tecnológicos são cada vez mais, o afastamento das tecnologias criado a estas pessoas é cada vez maior.

À luz desta situação, o sistema/*framework* desenvolvido, com recurso a um exemplo prático que oferece uma temática de aprendizagem que coloca quase todos os seus utilizadores ao mesmo patamar, independentemente se tem algum tipo de deficiência ou não, derivado do facto de pouca gente ter conhecimento prático do funcionamento do código Morse, apesar de ter uma breve ideia do que poderá ser.

Para tal, durante a fase de investigação foi recolhida informação referente a métodos de aplicar ferramentas de acessibilidade, bem como arquiteturas de desenho que seguem diretrizes apropriadas para casos específicos de acessibilidade juntamente com modelos que promovem a aprendizagem. Também durante esta fase não foi possível encontrar qualquer jogo, independente se o mesmo era um jogo sério, que estivesse preparado para fornecer meios de acessibilidade a cegos e surdos em simultâneo. Os casos recorrentes era o desenvolvimento de jogos áudio (público alvo os cegos), ou jogos com língua gestual (público alvo os surdos ou pessoas sem necessidade de acessibilidade).

Durante a fase do desenho e desenvolvimento da solução foram adotadas boas práticas de engenharia desde o planeamento do projeto, utilização de um sistema de controlo de versões do projeto com recurso ao *GitLab* e a utilização do QEF para aferir a qualidade e a evolução pretendida para a solução final. No final a taxa de cumprimento foi de 88%, o que ainda deixa espaço para melhorias para tornar o projeto desenvolvido como uma ferramenta útil na aprendizagem de código Morse ou até mesmo para outros temas relacionados com a educação.

A solução foi testada, melhorada e validada com o apoio da ACAPO e de utilizadores escolhidos aleatoriamente para testar. No total foram recolhidas 14 respostas de inquérito. Estudantes universitários testaram o jogo sério sem qualquer acessibilidade ativa, o que permitiu também englobar uma maior quantidade populacional que possa utilizar o jogo para fins de aprendizagem e ao mesmo tempo alguma diversão ao tentar obter a maior pontuação do servidor.

Como já referido, os objetivos inicialmente propostos que passavam pela melhoria da inclusão social e acesso a temas educativos de modo a promover a aprendizagem nas pessoas cegas e surdas foram concretizados após a hipótese colocada durante a fase de experimentação e avaliação ter sido validada. Os aspetos relacionados com a acessibilidade, nomeadamente através de um assistente de voz (*text-to-speech*), a utilização das capacidades dos dispositivos no qual o jogo sério foi executado para permitir a conversão de voz para texto e de um avatar de língua gestual portuguesa só foram implementados com o devido sucesso dado as melhorias efetuadas durante o desenvolvimento do projeto através dos comentários imprescindíveis que foram fornecidos durante a fase de testes da solução.

Mediante o exposto, melhorias no avatar, nomeadamente no contexto de algumas das palavras que o mesmo traduz e noutras palavras que traduz letra a letra ao invés de traduzir uma palavra na íntegra seria um importante passo no apoio às pessoas que utilizam a língua gestual portuguesa. A utilização de *machine learning* para aprimorar o *speech to text* seria um avanço importante porque atualmente algumas palavras detetadas com recurso à biblioteca fornecida pelo *Unity* não são detetadas corretamente.

Concluindo, este projeto permitiu comprovar que a utilização de diretrizes de acessibilidade durante o desenvolvimento de *software*, sendo que no caso deste projeto de tese foi um jogo sério multijogador, permite a inclusão de comunidades outrora excluídas. Para isso basta existir um compromisso para com essas comunidades durante o desenvolvimento e perceber que um pequeno gesto pode mudar as suas vidas.

Referências

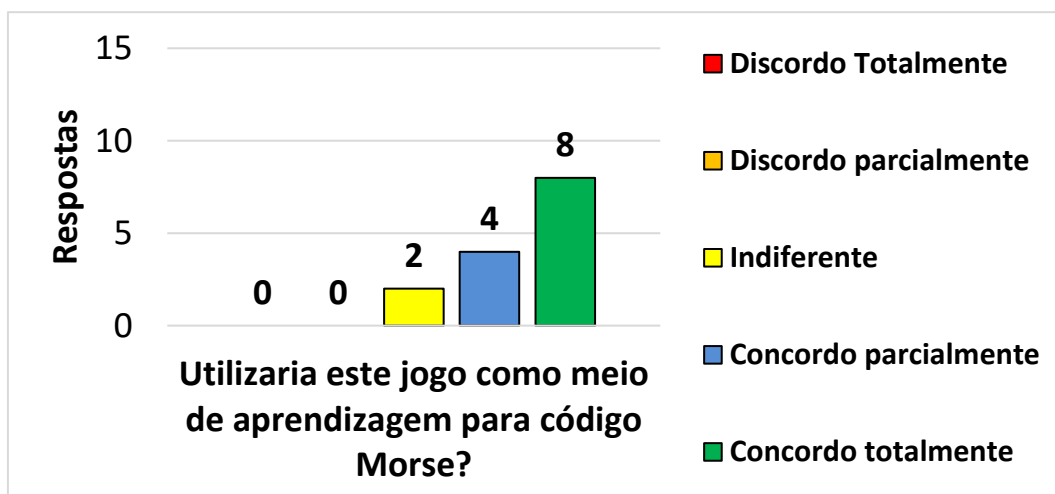
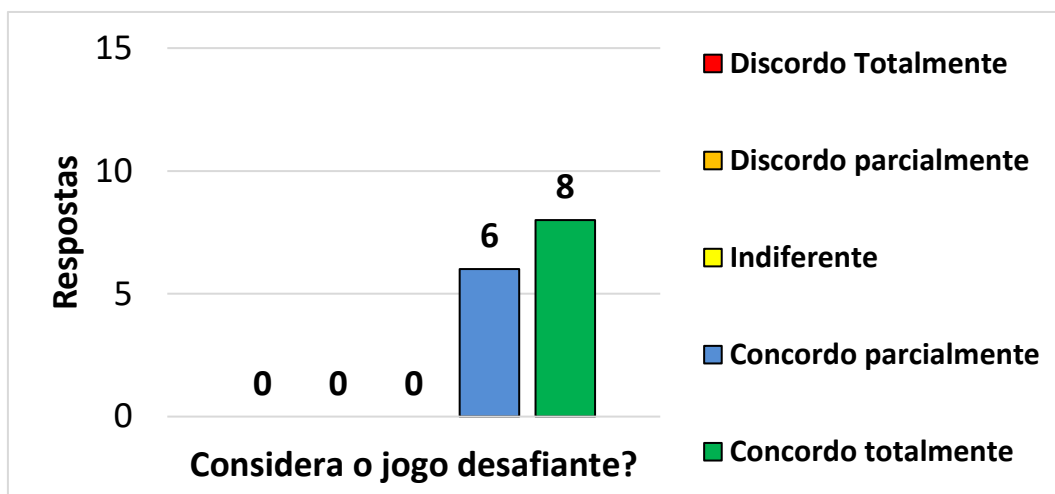
- Allmediamath (2013) How To Calculate the Elo-Rating (including Examples). *Metin's Media & Math*. [Online]. Available from: <https://metinmediamath.wordpress.com/2013/11/27/how-to-calculate-the-elo-rating-including-example/> [Accessed: 15 June 2019].
- Avedon, E.M. & Sutton-Smith, B. (1971) *The study of games*. New York, J. Wiley.
- Buncher, M. (2013) *The Effects of Video Game Difficulty Selection on Flow Experience*. In: 2013 p.
- Caballero, D. (2015) *AR sign language 'makes sense' in Tacoma's space station*. [Online]. 2015. Gamereactor UK. Available from: <https://www.gamereactor.eu/ar-sign-language-makes-sense-in-tacomasspace-station/> [Accessed: 7 June 2019].
- Carvalho, C.V. de, Escudeiro, P. & Coelho, A. (2017) *Serious Games, Interaction and Simulation: 6th International Conference, SGAMES 2016, Porto, Portugal, June 16-17, 2016, Revised Selected Papers*. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering. [Online]. Springer International Publishing. Available from: <https://www.springer.com/gp/book/9783319510545> [Accessed: 9 June 2019].
- Center for Universal Design (2019) *The Center for Universal Design - Universal Design Principles*. [Online]. 2019. Available from: https://projects.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_ud/udprinciples.htm [Accessed: 5 June 2019].
- CM-SJM (2018) *Serviço de vídeo-intérprete para atendimento ao munícipe através de Língua Gestual / Município / Notícias / Câmara Municipal de São João da Madeira*. [Online]. 9 July 2018. Available from: <http://www.cm-sjm.pt/pt/noticias/7-municipio/27-servico-de-video-interprete-para-atendimento-ao-munícipe-atraves-de-lingua-gestual> [Accessed: 11 June 2019].
- Coombs, N. (2010) Google-Books-ID: x1R6spzloCwC. *Making Online Teaching Accessible: Inclusive Course Design for Students with Disabilities*. ReadHowYouWant.com.
- Crawford, C. (1984) *The Art of Computer Game Design*. New York, NY, USA, McGraw-Hill, Inc.
- Dillet, R. (2018) Unity CEO says half of all games are built on Unity. *TechCrunch*. [Online]. Available from: <http://social.techcrunch.com/2018/09/05/unity-ceo-says-half-of-all-games-are-built-on-unity/> [Accessed: 21 February 2019].
- EDUCBA (2018) WebSocket vs Socket.io | Know The Top 5 Amazing Differences. *EDUCBA*. [Online]. Available from: <https://www.educba.com/websocket-vs-socket-io/> [Accessed: 7 June 2019].
- Escudeiro, P. & Bidarra, J. (2008) Qualitative evaluation framework. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*. (0), 1.
- Frank, A. (2017) *Gaming's favorite VR mouse uses sign language in the cutest way*. [Online]. 3 August 2017. Polygon. Available from: <https://www.polygon.com/2017/8/3/16089720/moss-vr-sign-language-in-games> [Accessed: 9 February 2019].
- Gillin, J.L. & Huizinga, J. (1951) Homo Ludens: A Study of the Play-Element in Culture. *American Sociological Review*. [Online] 16 (2), 274. Available from: doi:10.2307/2087716.
- Growth Engineering (2019) *Bloom's Taxonomy and Online Learning*. [Online]. 2019. eLearning Learning. Available from: <http://www.elearninglearning.com/bloom/gamification/taxonomy/?open-article-id=5776609&article-title=bloom-s-taxonomy-and-online-learning&blog-domain=growthengineering.co.uk&blog-title=growth-engineering> [Accessed: 5 June 2019].
- Iañez, M.M. & Cunha, C.B. da (2006) Uma metodologia para a seleção de um provedor de serviços logísticos. *Production*. [Online] 16 (3), 394–412. Available from: doi:10.1590/S0103-65132006000300004.
- I/ITSEC (2018) *2018 SGS&C Finalists – SGS&C*. [Online]. Available from: <http://sgschallenge.com/2018-sgsc-finalists-and-winners/> [Accessed: 21 February 2019].
- Inclusive Design Principles (2019) *Inclusive Design Principles*. [Online]. 2019. Available from: <https://inclusivedesignprinciples.org/> [Accessed: 5 June 2019].
- INE (2011) *Instituto Nacional de Estatística, Censos 2011*. [Online]. 2011. Available from: https://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos2011_apresentacao [Accessed: 11 June 2019].

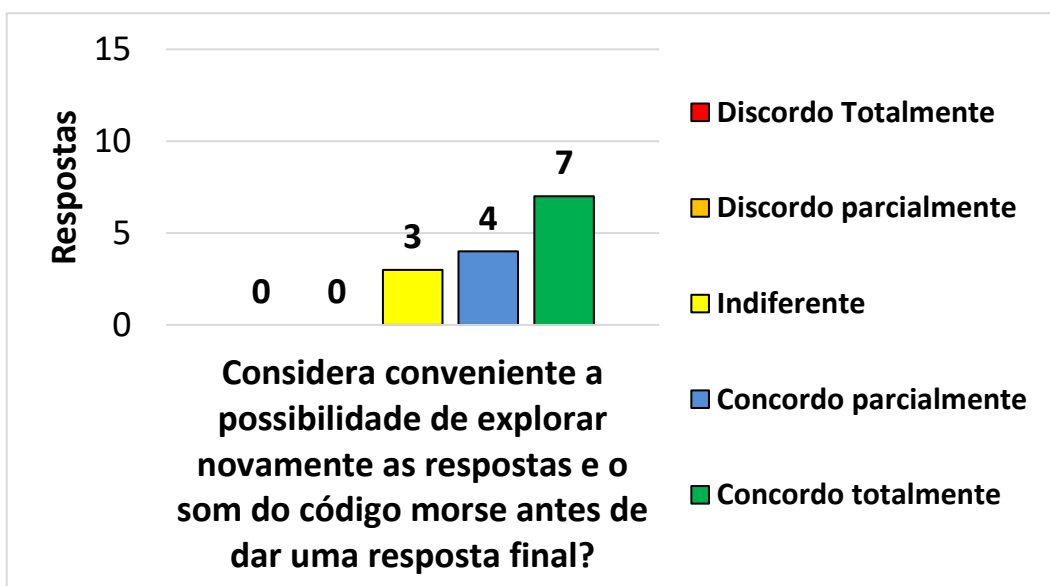
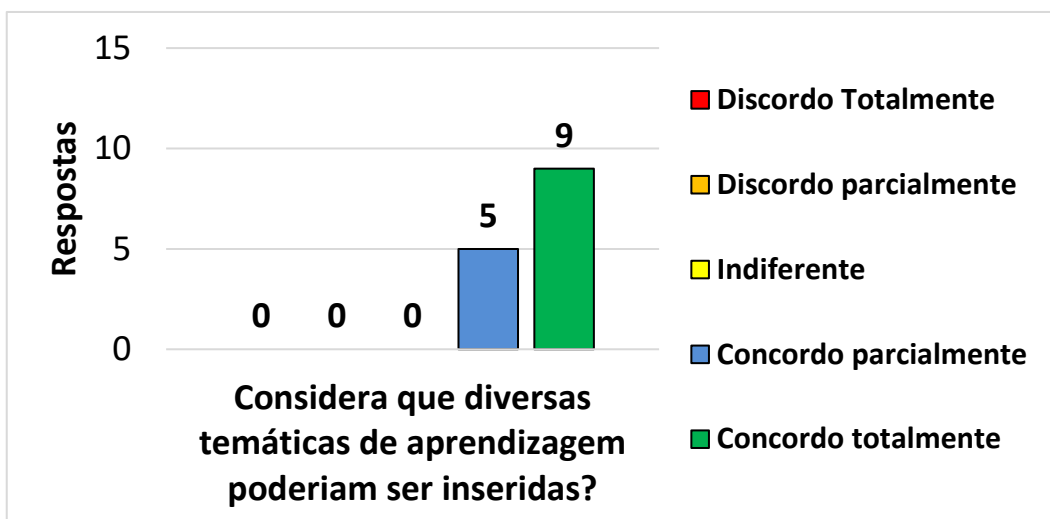
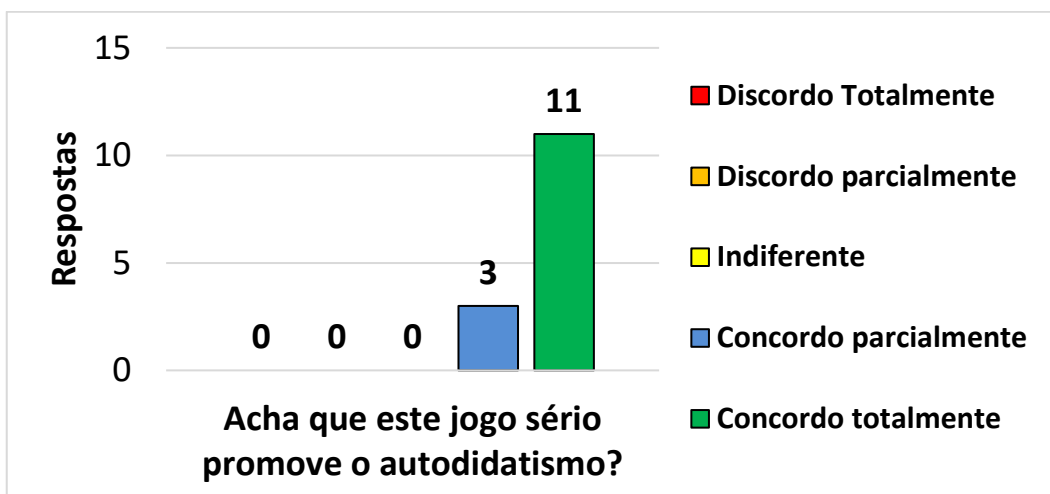
- Kambil, A., Ginsberg, A. & Bloch, M. (1996) *Re-Inventing Value Propositions*. [Online]. Available from: <https://papers.ssrn.com/abstract=1284822> [Accessed: 2 February 2019].
- Klimek, R. & Szwed, P. (2010) *Formal Analysis Of Use Case Diagrams*. [Online]. Available from: doi:10.7494/csci.2010.11.0.115.
- Koen, P., Ajamian, G., Burkart, R., Clamen, A., et al. (2001) Providing Clarity and A Common Language to the “Fuzzy Front End”. *Research-Technology Management*. [Online] 44 (2), 46–55. Available from: doi:10.1080/08956308.2001.11671418.
- Koen, P.A., Ajamian, G.M., Boyce, S., Clamen, A., et al. (2002) Effective Methods, Tools, and Techniques. *The PDMA ToolBook for New Product Development*. 32.
- Krathwohl, D.R. (2002) A Revision of Bloom’s Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice*. [Online] 41 (4), 212–218. Available from: doi:10.1207/s15430421tip4104_2.
- Melnikov, A. & Fette, I. (2011) Published: RFC 6455. *The WebSocket Protocol*. Request for Comments 6455. [Online]. RFC Editor. Available from: doi:10.17487/RFC6455.
- Nicola, S. (2017) *Análise_Valor_Aula1_13NOV_2018.pdf*.
- Osterwalder, A. & Pigneur, Y. (2010) *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. 1 edition. Wiley.
- Park, J., Hwang, H.-S., Yun, J.-S. & Moon, I.-Y. (2014) Study of HTML5 WebSocket for a Multimedia Communication. In: *MUE 2014*. [Online]. 2014 p. Available from: doi:10.14257/ijmue.2014.9.7.06.
- Persad, U., Langdon, P. & Clarkson, P. (2007) *A framework for analytical inclusive design evaluation*. In: 1 January 2007 p.
- Piercy, N.F., Cravens, D.W. & Morgan, N.A. (1997) Sources of effectiveness in the business-to-business sales organization. *Journal of Marketing Practice: Applied Marketing Science*. [Online] 3 (1), 45–71. Available from: doi:10.1108/EUM0000000004320.
- Porto Editora (2018) *Porto Editora disponibiliza online o único Dicionário de Língua Gestual Portuguesa*. [Online]. 2018. Porto Editora. Available from: <http://www.portoeditora.pt/noticias/porto-editora-disponibiliza-online-o-unico-dicionario-de-lingua-gestual-portuguesa/143766> [Accessed: 8 June 2019].
- Rastogi, R., Mittal, S. & Agarwal, S. (2015) A novel approach for communication among Blind, Deaf and Dumb people. In: *2015 2nd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*. March 2015 pp. 605–610.
- RedHat (2019) *What is Docker?* [Online]. 2019. Available from: <https://www.redhat.com/en/topics/containers/what-is-docker> [Accessed: 12 June 2019].
- Saaty, T.L. (1980) Google-Books-ID: Xxi7AAAAIAAJ. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.
- Salen, E. & Zimmerman, E. (2004) *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. MIT Press.
- Sawyer, B. & Smith, P. (2008) *Serious games taxonomy*.
- Schell, J. (2008) *The Art of Game Design: A Book of Lenses*. San Francisco, CA, USA, Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Sørensen, B.H. & Meyer, B. (2007) *Serious Games in language learning and teaching – a theoretical perspective*. 8.
- StatCounter (2019) *Operating System Market Share Worldwide*. [Online]. 2019. StatCounter Global Stats. Available from: <http://gs.statcounter.com/os-market-share> [Accessed: 5 July 2019].
- Tabrizi, S. & Rideout, G. (2017) *Active Learning: Using Bloom’s Taxonomy to Support Critical Pedagogy*. 8 (3), 8.
- Webber, J.E. (2017) Tacoma review – narrative space game is engaging and convincing. *The Guardian*. [Online] 1 August. Available from: <https://www.theguardian.com/technology/2017/aug/01/tacoma-review-narrative-space-game-indie-cult-favourite-gone-home> [Accessed: 7 June 2019].
- Woodruff, R.B. (1997) Customer value: The next source for competitive advantage. *Journal of the Academy of Marketing Science*. [Online] 25 (2), 139. Available from: doi:10.1007/BF02894350.
- Zohaib, M. (2018) Dynamic Difficulty Adjustment (DDA) in Computer Games: A Review. *Advances in Human-Computer Interaction*. 2018, 12.
- Zyda, M. (2005) From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*. [Online] 38 (9), 25–32. Available from: doi:10.1109/MC.2005.297.

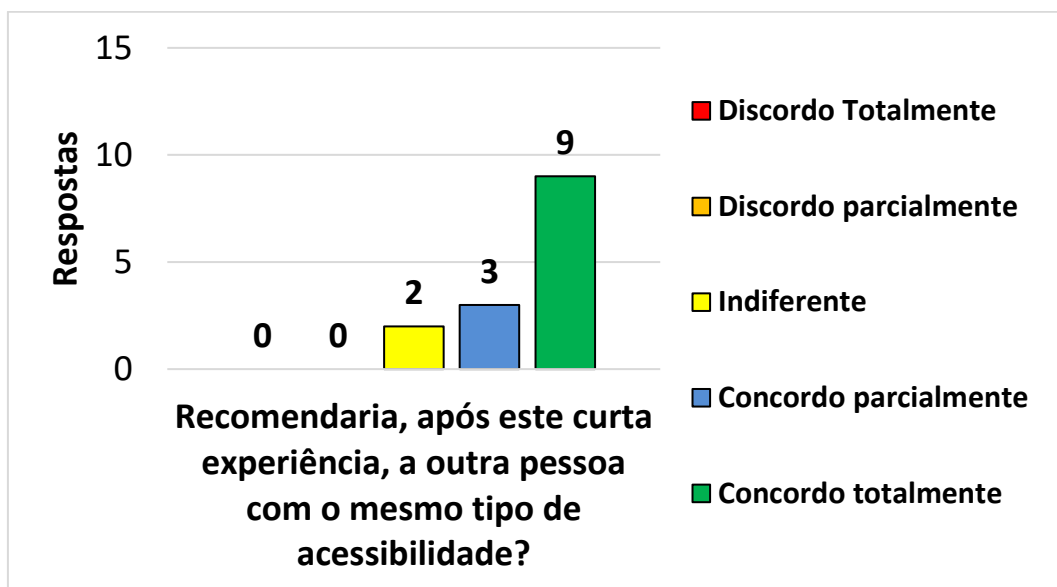
Anexo A – Resultados dos inquéritos

Resultados dos inquéritos

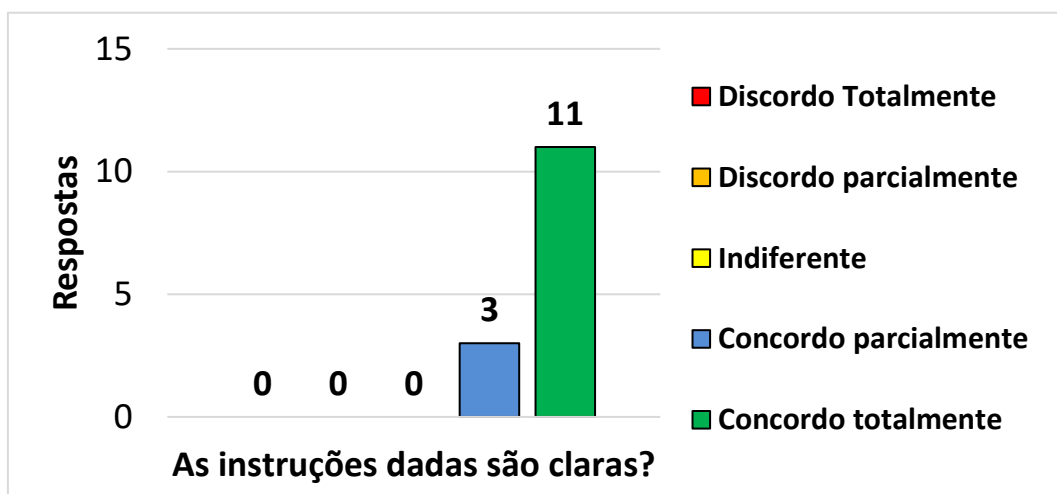
Componente Pedagógica					
Pergunta	1	2	3	4	5
Considera o jogo desafiante?	0	0	0	6	8
Utilizaria este jogo como meio de aprendizagem para código Morse?	0	0	2	4	8
Acha que este jogo sério promove o autodidatismo?	0	0	0	3	11
Considera que diversas temáticas de aprendizagem poderiam ser inseridas?	0	0	0	5	9
Considera conveniente a possibilidade de explorar novamente as respostas e o som do código morse antes de dar uma resposta final?	0	0	3	4	7
Recomendaria, após este curta experiência, a outra pessoa com o mesmo tipo de acessibilidade?	0	0	2	3	9

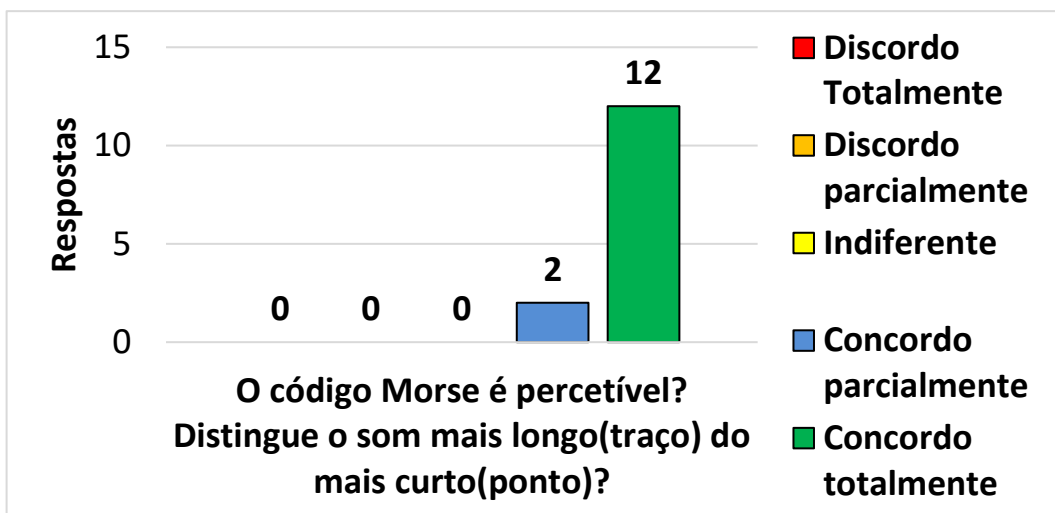
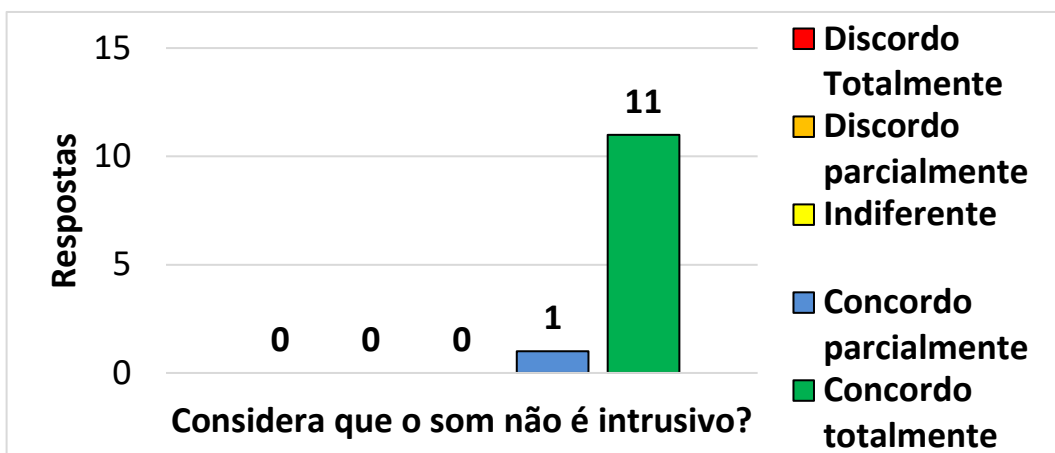
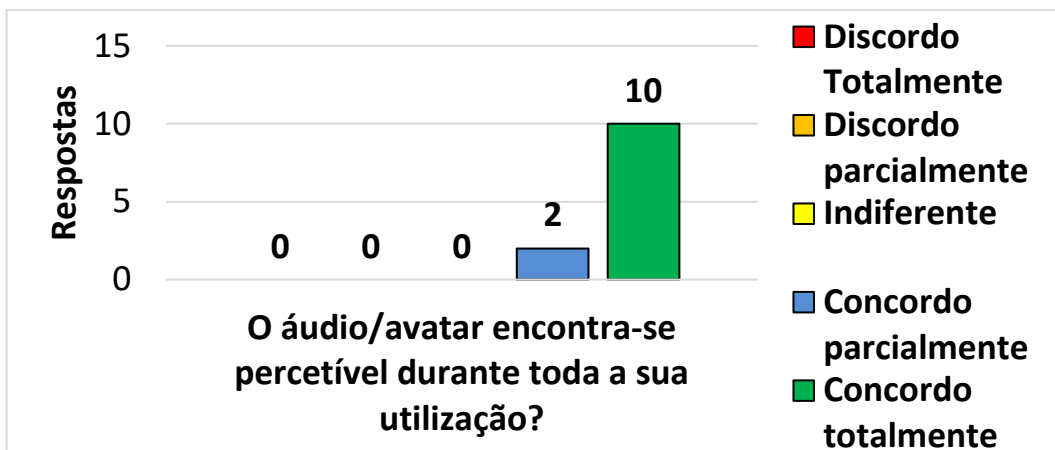


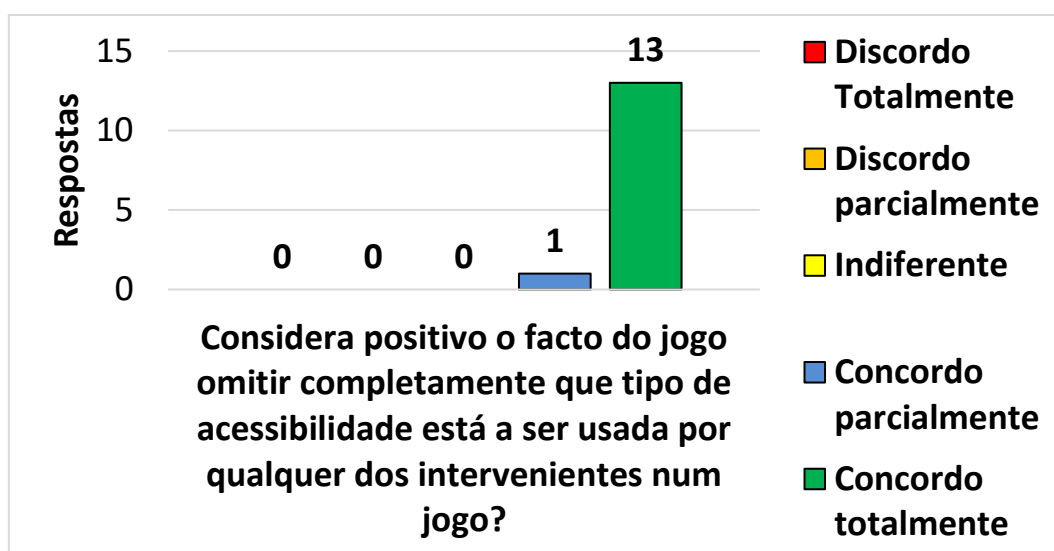
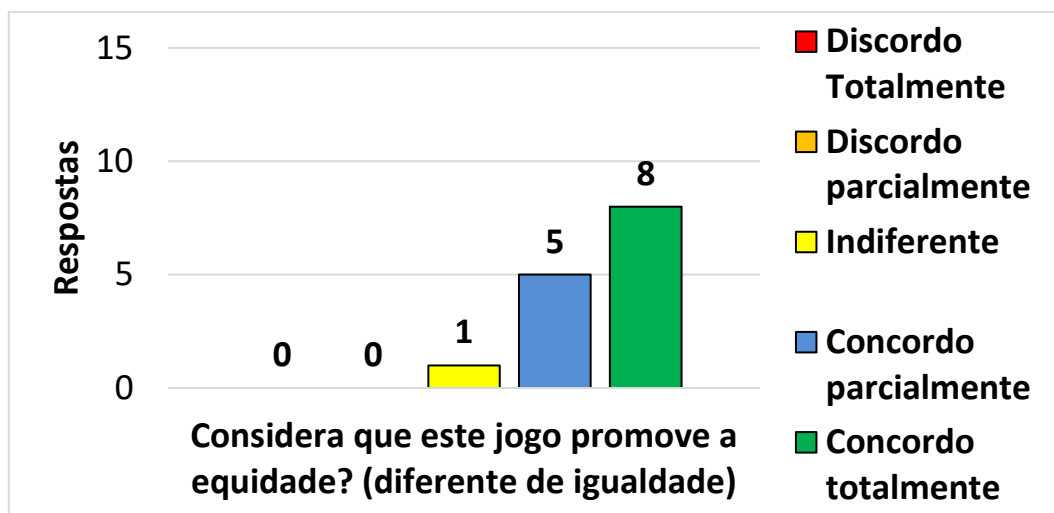




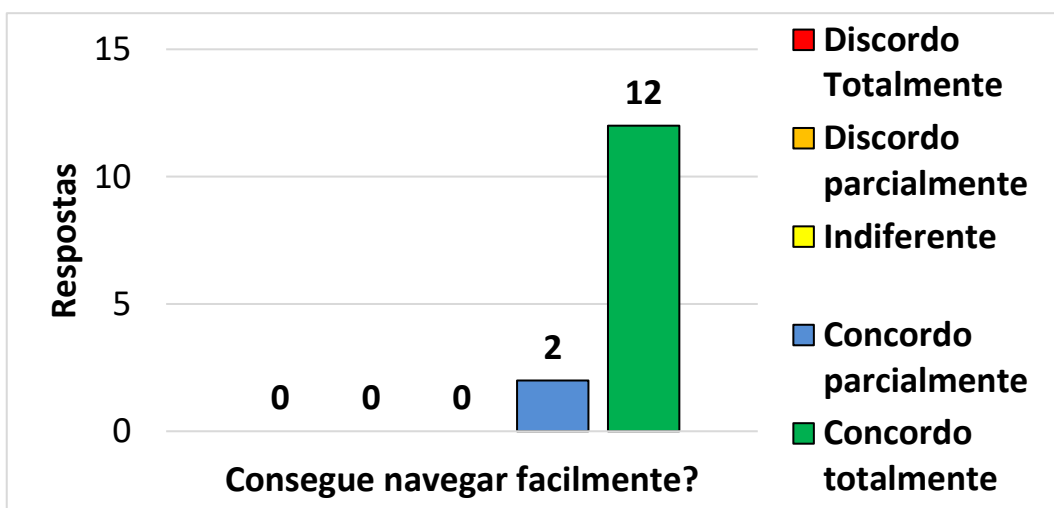
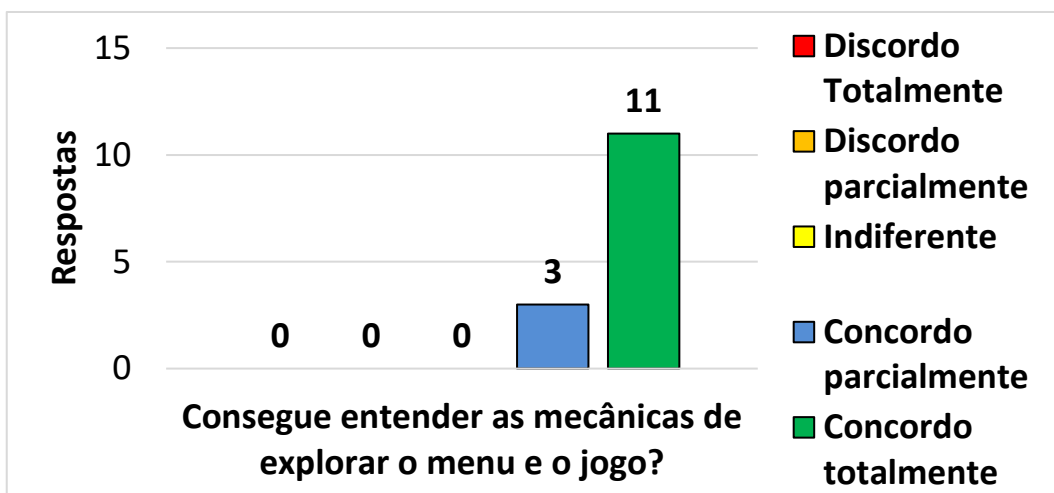
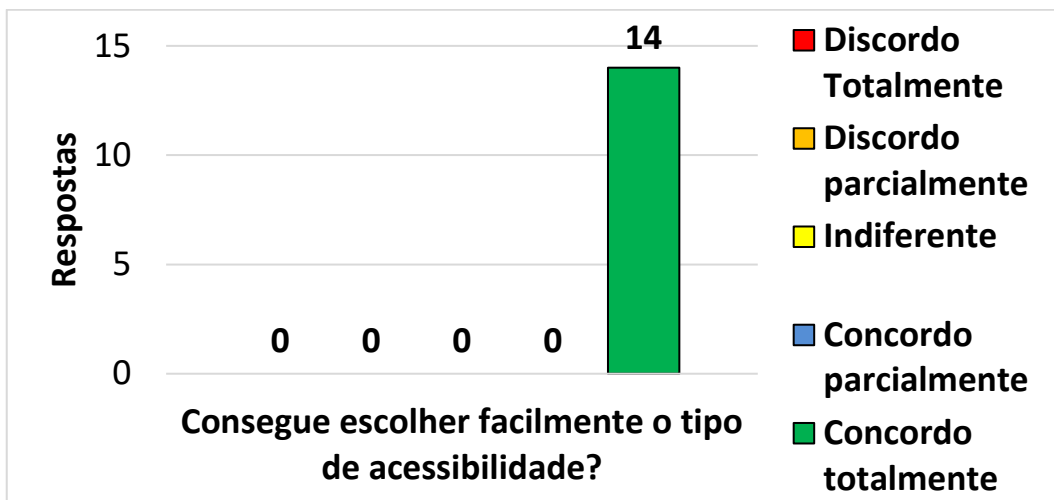
Componente Ergonómica					
Pergunta	1	2	3	4	5
As instruções dadas são claras?	0	0	0	3	11
O áudio/avatar encontra-se perceptível durante toda a sua utilização?	0	0	0	2	10
Considera que o som não é intrusivo?	0	0	0	1	11
O código Morse é perceptível? Distingue o som mais longo(trazo) do mais curto(ponto)?	0	0	0	2	12
Considera que este jogo promove a equidade? (diferente de igualdade)	0	0	1	5	8
Considera positivo o facto de o jogo omitir completamente que tipo de acessibilidade está a ser usada por qualquer dos intervenientes num jogo?	0	0	0	1	13

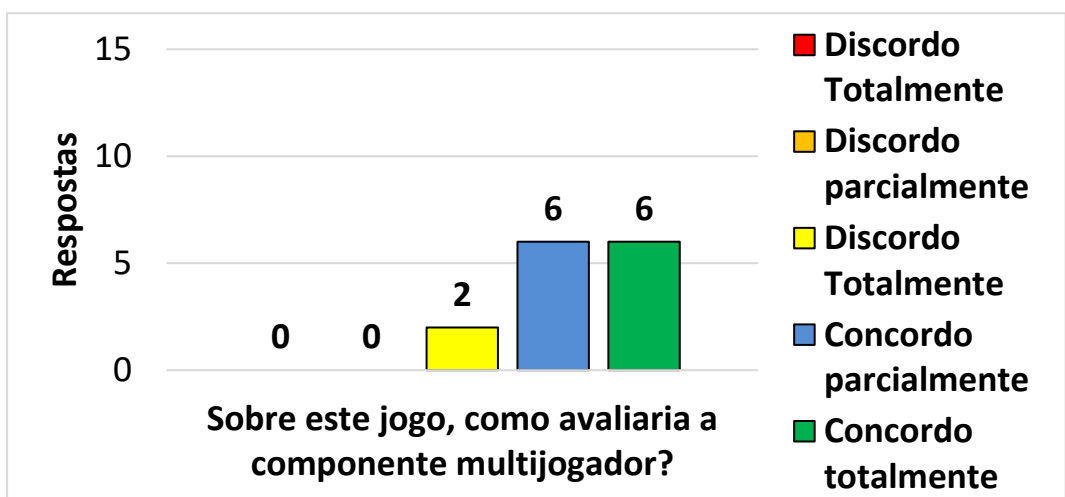
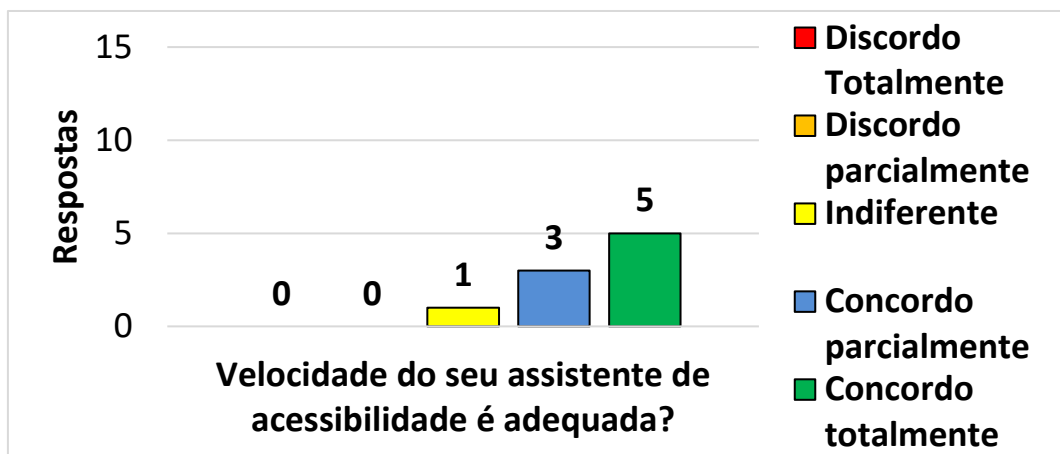
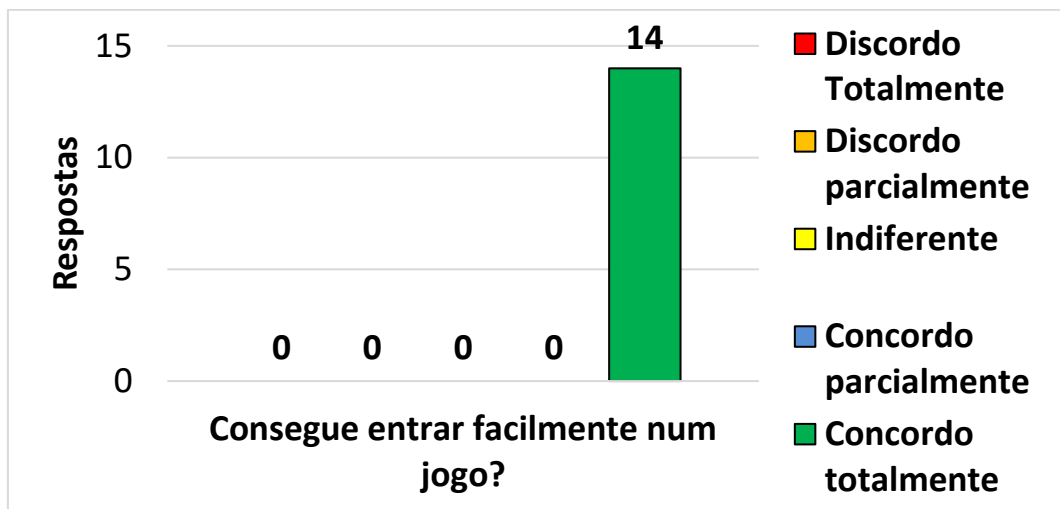






Componente Técnica					
Pergunta	1	2	3	4	5
Consegue escolher facilmente o tipo de acessibilidade?	0	0	0	0	14
Consegue entender as mecânicas de explorar o menu e o jogo?	0	0	0	3	11
Consegue navegar facilmente?	0	0	0	2	12
Consegue entrar facilmente num jogo?	0	0	0	0	14
Velocidade do seu assistente de acessibilidade é adequada?	0	0	1	3	5
Sobre este jogo, como avaliaria a componente multijogador?	0	0	2	6	6





Anexo B – Inquérito

Componente Pedagógica

1. Considera o jogo desafiante?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

2. Utilizaria este jogo como meio de aprendizagem para código Morse?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

3. Acha que este jogo sério promove o autodidatismo?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

4. Considera que diversas temáticas de aprendizagem poderiam ser inseridas?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

5. Considera conveniente a possibilidade de explorar novamente as respostas e o som do código morse antes de dar uma resposta final?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

6. Recomendaria, após esta curta experiência, a outra pessoa com o mesmo tipo de acessibilidade?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

Componente Ergonómica

1. As instruções dadas são claras?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

2. O áudio/avatar encontra-se perceptível durante toda a sua utilização?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

3. Há algum momento que considere o som/avatar mais intrusivo?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

4. Consegue distinguir facilmente um som curto (ponto) de um som longo (traço)?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

5. Tem preferência por jogar no PC ou Smartphone?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

6. A estrutura de navegação vai ao encontro das suas expectativas? Gostaria de ter que outras temáticas?

Texto de resposta curta

Componente Técnica

1. Consegue escolher facilmente o tipo de acessibilidade?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

2. Consegue entender as mecânicas de explorar o menu e o jogo?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

3. Consegue navegar facilmente?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

4. Consegue entrar num modo de jogo facilmente?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

5. Velocidade do seu assistente de acessibilidade é adequada?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

6. Sobre este jogo, como avaliaria a componente multijogador?

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

Anexo C – Paper

INCLUSIVE DIGITAL LEARNING THROUGH SERIOUS GAMES: A CLIPPING FOR INCLUSION

ABSTRACT

Serious games have a great potential to help people developing new skills or improving previously existing ones. Deaf and blind community face considerable challenges and difficulties regarding to the acquisition of skills in literacy. The design of serious games to meet the needs of the target groups where the deaf and blind people are struggling to master literacy would therefore seem to offer a very considerable contribution. With this project, not only we are promoting the knowledge for this restricted community, but we are also encouraging other people to learn and become able to better understand this communities. Therefore, this article aims to discuss the use of serious games for deaf and blind people, as well as illustrate the development methodology of inclusive serious games by presenting specific concepts for each target audience. We have used the cognitive model proposed by Mayer (2005) to describe some fundamental principles behind multimedia learning, defined from his theory and based on the evidences that are essential for the elaboration of serious games for deaf and blind people. We hope that the games developed, and guidelines provided will help game designers to achieve successful implementation in inclusive games.

KEYWORDS

Serious Games, Inclusive Games, Accessibility, Design Model for Inclusive Games, Development Methodologies for Inclusive Games, Assistive Technology

1. INTRODUCTION

The popularity of digital games has skyrocketed in a last couple of decades – the Entertainment Software Association reports that 60% of Americans play digital games daily and 70% of parents believe video games have a positive influence on their children's lives (Entertainment Software Association, 2018).

Game as a concept can be labeled as an activity where components such as temporal limitations, an area defined to play or rules to keep participants rights and duties intact, while providing a competitive environment different than usual (Huizinga, 1970). According to Avedon and Sutton-Smith (1971), “games are an exercise of voluntary control systems, in which there is a contest between powers, confined by rules in order to produce a disequilibrium outcome”.

A game represents a subjective and oversimplified emotional reality. It is not objectively an exact representation of reality, in fact is mainly represented enough to fulfil a player expectation. A player's fantasy is the key to make a game psychologically real (Crawford, 1984b). When it comes to interaction, which not only is associated with game representation, there's ways to make it dynamic and to change it accordingly through interactions. A player can't distort reality by making simple choices and see the unfolding of those events. There can be physical threats towards the player, however, a game allows the player to experience psychological conflicts without having any physical alteration, resulting in an action / consequence dissonance. Crawford (1984) refers that even though it may not threat the player in real life, it can have a negative impact in the game by missing a reward for instance.

Michael Zyda (2005) pointed that the primary objective is to create daily simulations to offer training for professionals, enterprise critical situations or raise awareness in a diverse age bracket to topics such as education. Serious games combine digital games with entities to fulfil a theoretical practical education. Learning is the guiding force and includes educational games, business games, simulation games, among others, and they cross a whole range of topics, contexts and target groups (Sørensen & Meyer, 2007b).

Serious games have a great potential to help the population develop new skills or improve previously existing ones. However, part of the population does not have the means to play these games. Some may be unable to experience all the elements that are present in these games. Besides, larger companies usually do

not develop games for these audiences considering their reduced size (Cardoso *et al.*, 2016). That is why inclusive games were created, “games proactively designed to optimally fit and adapt to individual gamer characteristics and to be concurrently played among people with diverse abilities, without requiring particular adjustments or modifications” (Grammenos, Savidis & Stephanidis, 2009).

This article aims to discuss the use of serious games for deaf and blind people, as well as show the development of serious games inclusive, presenting specific concepts for each target audience.

2. DESIGN MODEL OF INCLUSIVE GAMES

During the process of designing inclusive games, Mayer’s principles on Multimedia Learning (Mayer, 2005) were applied as a form of quality validation. All the examples provided in this section follow these principles, alongside a quality evaluation model.

2.1 Game Development Methodologies for Deaf People

Considering the way in which deaf people organize thought and language, as well as the potential of the students’ development in the visual field, the project of serious games needs to be designed through a visual-spatial perspective. Therefore, we develop serious games following the “deaf way”, that is, “a way of formulating ideas based on imagery representations capable of being translated in the Sign Language itself and in visual aspects” (Rodrigues & Quadros, 2015).

Such an understanding does not deny the presence of the oral Portuguese language to listeners, who are also part of the audience of the game proposed here. The idea here, as suggested above, is that there are advantages in adopting different languages, Portuguese and Libras. In addition, if the visual-spatial perspective – whether being that through Libras or imagery texts – is essential for deaf people, for the non-deaf it is extremely enriching. Within this context, the use of serious games reveals great potential in the field of educational sciences, because in this modality “thought is mapped by domains of distinct concepts, structured by image schemes” (Galasso, 2014).

Currently, there are several research projects exploring multimedia instruction and learning focusing on hearing students; however, studies focusing on deaf students or students with some kind of hearing impairment are rare. When developing serious games for deaf people, we also take into account some principles based on knowledge about how the brain processes information during learning. According to Mayer (1997), one of the most important areas of Cognitive Psychology is the understanding of technology as a tool to promote efficient learning. Through the main theories of cognition, concrete and effective learning occurs following a few steps or stages. In Figure 1, we provide how information processing occurs according to Mayer’s Cognitive Theory of Multimedia Learning (2005), adapted to the perspective of the deaf student.

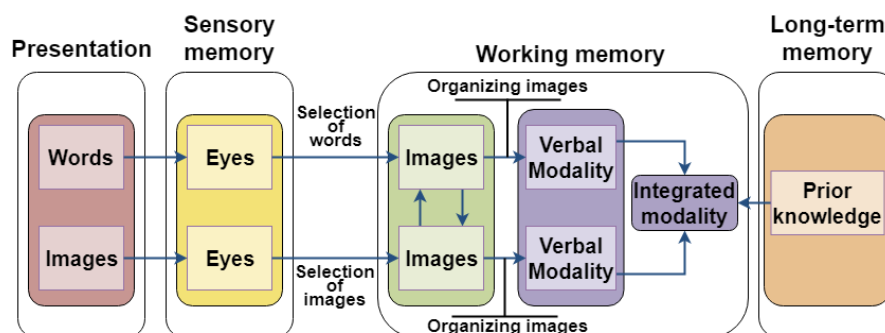


Figure 1. Mayer’s (2005) information processing model adapted to the perspective of a deaf person

The processing of information starts from the moment the deaf student assimilates images and words from a multimedia presentation, which can be, for example, a game in Sign Language. To capture this presentation, written words and images enter through the eyes of the deaf student and are briefly represented in the sensory memory. Then, in the working memory, the deaf student selects the main words and images and organizes them, categorizing written words in a verbal model, and images in a pictorial model. From this organization an integrated model of information is structured. This integrated model is directly linked to the long-term memory, where the student can activate pre-existing knowledge to be

integrated with verbal and pictorial models in the working memory, storing the resulting knowledge in the long-term memory.

2.1.1 Evidence-based principles in serious games for Deaf People

The cognitive model proposed by Mayer (2005) describes some fundamental principles behind multimedia learning, defined from his theory and based on the evidences that are essential for the elaboration of serious games for deaf people:

1. *The Multimedia Principle – Words and images are better than words alone*

This principle proposes the combined use of images and words, as it allows the brain to process more information in the working memory (Paas & Sweller, 2014). Thus, people learn better with words and images than words alone. In this context, words include written and spoken text, and images include videos, animations, and static graphics. In the education of deaf people, which uses Sign Language as a means of communication, images are essential for understanding academic concepts and, when words are used as well, they help students in the learning process. Due to the visual-gestural characteristic, Sign Language can be presented along with the Portuguese Language, respecting the phrasal structure of each one of these languages, composing two informational processing channels necessary for bilingual education. Similarly, in the serious games developed, we present simultaneity between the presentation of Sign Language and characters. This simultaneity enables deaf students to have a variety of integrated learning styles, broadening their understanding of the content worked. The interaction between image and caption constitutes student-oriented meaning, proposing the textual interpretation of the video and its occurrences.

When we use serious games, we strengthen the compatibility of the readings, establishing singular dynamics in the learning process. The application of the concept in the development of bilingual teaching materials also privileges the hearing, since the signaling in Sign Language appears to the students synchronized with the caption and speech in Portuguese Language within the scope of the statement, respecting the syntactic and grammatical structures of each language.

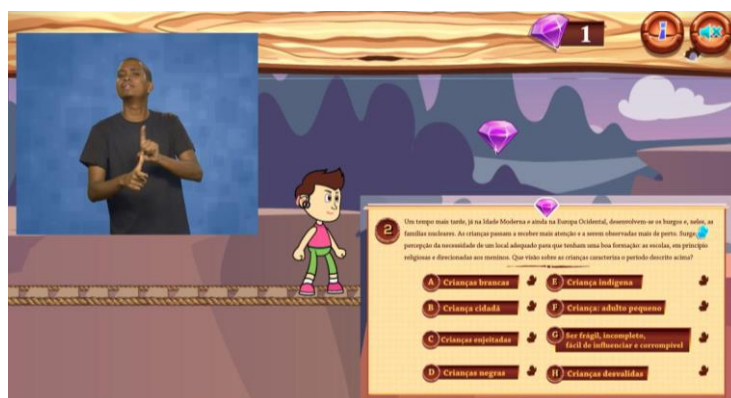


Figure 2. Representation of the Multimedia Principle. In this example, a game designed for deaf and hearing-impaired people that consists of multiple-choice questions about Education

2. *Principle of Spatial Contiguity – Words should appear close to images*

This principle includes spatiality as a didactic element to the learning of deaf students. Animation, as a figuration of reality, ratifies the meaning that the text should convey. From the point of view of bilingual education, the use of images close to words composes a mechanism of interface between the two languages (Sign Language/Portuguese Language), as they are part of the linguistic daily life of the deaf and the hearing. Considering the spatiality of Sign Language, written words should be part of the discourse of the deaf presenter, since there is spatial interference between the written register of the Portuguese Language and the movements of the Sign Language. Thus, a truly bilingual learning object is structured with the integration of the two languages into the same statement.

3. *Segmentation Principle – Contents must be presented by parts*

This principle states that people learn best when a multimedia lesson is presented in segments of the user's rhythm instead of a continuous unit. In this context, games are developed at various levels of theoretical depth, so that the student may learn through videos with segmented content.

2.2 Serious and Inclusive Games for Blind and Deaf People

Regarding blind people, the project of serious games needs to be designed with audio-based gameplay. Using this architecture during development allows the user to enjoy the game without the need of a graphical user interface either to interact or understand the application context (Beksa, Fizek & Carter, 2015). Even though its target audience is a niche market, these games are often omitted from general population due to its accessibility standards.

Audio games focus group are blind and visually impaired people because they are developed with audio only in mind. With the growth of text-to-speech software and major improvements related to digital assistant voices such as Cortana, Alexa or Siri, serious games targeted to blind people became a must, because “this type of video game has been growing and its use has spread to several areas of education” (Salvador-Ullauri, Jaramillo-Alcázar & Luján-Mora, 2017). These tools follow two very important principles in multimedia learning, introduced by Mayer - the Personalization Principle and the Voice Principle. The former states that people learn better when words are in conversational style rather than formal style and the latter promotes learning through hearing a friendly human voice rather than a machine voice (Mayer, 2005). Voice assistants have gradually become more human-like and less formal, trying to make their users feel more comfortable.

These games’ narrative is created mainly through sound sources, typically with the help of pre-recorded sounds or text-to-speech limited to the languages implemented by the developers. Moreover, audio games have a tactile or haptic feedback (e.g vibration and/or sound) which can result in an immersive video game atmosphere to blind people (Csapó *et al.*, 2015).

2.2.1 An example of a Game for Blind People

The Field Trip is a single-player digital game being developed for desktop computers and mobile systems, set in a real-world forest, that develops the player’s spatial awareness and orientation, by creating an environment where the player is guided exclusively by sound. It is being developed in Unity3D, using C#. It revolves around the use of 3D audio sources – objects in the world that emit sound depending on the position of the player. This means that if the player is to the right of the audio source, he/she will hear the sound coming from the left, and if the player is to the left of it, the sound will be coming from the right. Moreover, the sound from an audio source only becomes hearable when the player steps into its range, and it becomes louder as the player approaches the center of the source. These audio sources are being developed in accordance to Mayer’s multimedia learning principles mentioned in section 2, in order to provide a good player experience.

The game is separated in several layers, each with its own responsibilities, displayed in Figure 3. The user only interacts with the interface layer, which handles the player’s inputs and the sounds that the player hears. This layer then interacts with two layers – the game engine and the business layers. The game engine layer is responsible for executing the game, in this case represented by Unity. The business layer manages the logic behind the game, the rules and mechanics that will be described in this section. Lastly, these two layers communicate with the hardware layer, which is the device that is used to play the game.

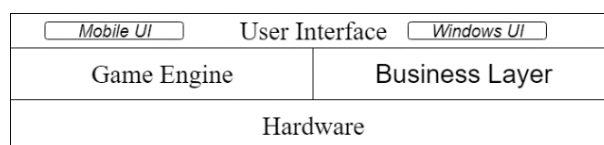


Figure 3. *The Field Trip*'s application architecture

As the player traverses through the world and collects items, he/she learns about the forest they are in, as well as the fauna and flora that is being collected. This allows the player to enhance abilities that are useful not only in the context of this game, but also in real-life scenarios where a person must be guided by sound.

In this game the player has been separated from his/her field trip group and must move through the forest in order to find them, going from the starting (spawn) point to the ending area. To do this the player must rely on his/her senses to figure out where he/she is in the map, given audio cues such as the sound that is made when walking through a certain type of terrain or when stepping on tree branches.

To make the movement through the map more challenging, obstacles block the path that the player is trying to take. Elements such as trees or knocked down logs, big rocks or shrubbery that isn't traversable force the player to make slight detours so that he/she can avoid these barriers. By memorizing which the

obstacles and terrain in each area, the player can build a mental map of the forest he/she is in, making movement more effective. The second goal of the game is to collect items that are spread out on the map. These range from animals that the player must interact with, to plants that the player can pick up or water from a waterfall that must be collected. When interacting with these items, voice lines give a short description of the item that is picked up.

When the player reaches the end of the level, his/her score is calculated. Each item has an associated score. Items that are harder to get have a higher score than those that are in the natural path the player walks through. At the end of the level, the final score is the sum of all items collected and a previously determined level completion bonus, minus the time the player took to go from the spawn point to the ending area and the number of times the player died.

Lastly, the player would have the objective of surviving threats that would be placed in the environment. These threats are described in Table 1.

Table 1. Action table for the *The Field Trip* game

Player Event	Player Response	Effect
Hears bear sound	Moves	Player loses a life and enemy disappears
Hears bear sound	Does not move	Enemy disappears
Hears snake sound or turbulence in water	Does not press the spacebar	Player loses a life and enemy disappears
Hears snake sound or turbulence in water	Presses the spacebar	Enemy disappears
Hears bees sound	Stays in range for longer than 3 seconds	Player loses a life
Hears bees sound	Leaves range before 3 seconds have passed	No effect
Is near item	Presses the spacebar	Player gets points, item disappears, and voice line describes item
Loses a life when no lives left		Player respawns in last checkpoint or start of the level
Reaches the end of the level		Player receives level completion points, advances to next level, and voice lines informs player of points
Walks on terrain		Specific terrain sound is played
Walks into map edge		Informative sound is played

Figure 4 displays some of the elements that exist in the game, such as items (represented as small spheres), enemies (the larger sphere acts as a swarm of bees and the cube represents a bear) and different types of terrain (the larger one serves as grass and the smaller one acts as water).

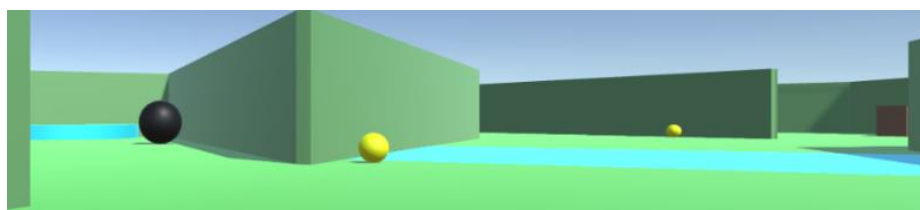


Figure 4. Example of the world in *The Field Trip*

2.2.2 An example of a Game for Deaf and Blind People

Morseline is a multiplayer serious game in development for computer and mobile systems in order to help users learn Morse code. To that end same tools are integrated to achieve proper support for both blind and deaf people. To assist blind users, a text-to-speech and speech-to-text functionalities are integrated by using Microsoft's Cortana digital assistant Portuguese voice package, while on Android, Google's own text to speech voice packages. In order to support deaf people, GILT's (Graphics Interaction Learning Technologies) own sign language avatar is used to translate all text in-game to Portuguese Sign Language.

The serious game is not only capable to help on learning Morse code, but also lets users test their knowledge against each other. To this end, three game modes were developed. A one-on-one matchup where both users must finish a course that consists in hearing Morse code being transmitted by three telegraphs, and when in close range they will be presented with two options, one being the correct answer and the other one a decoy. The player who decodes more Morse messages by the end of the match wins. A cooperative mode where both users try to get correct answers in order to achieve success. Using implemented chat system, both players can communicate and share their opinion on what the correct answer is by either using voice or text which is adapted on the other player's end following accessibility

needs as defined in Section 2. Last but not least, a four-player mode which consists on the same rules as one-on-one mode, but with the purpose to lay foundations for a massive multiplayer online serious game. To this end, an action table was planned to understand game flow since the game start until the game has ended.

Table 2. Action table for Morseline game

Type of Game Mode	Trigger	Object	Action	Result
All types	Check if players have joined game lobby	Player	Load proper game scenario	Game starts
All types	Move to checkpoint	Player	Listen to Morse code on telegraph	Player chooses correct answer
All types	Choose letter that matches listened Morse code	Letter	Reply sent to server	Server waits for all players answers and then proceed them to next checkpoint
All types	Last checkpoint	Lobby	Players reached final checkpoint	Triggers game as finished
1v1 and 1v1v1v1	Check results	Lobby	Calculates new player ratings	Updates player ratings on the server and marks lobby as finished
Cooperative	Check checkpoints progress	Lobby	Players met the necessary criteria	Quest is marked as successful or failed
All types	Game has ended	Server	Verifies if all preceding criteria is verified	Removes players from lobby and sends them back to main menu

After a user picks his desired game mode, he's placed in a queue where he will meet users that are in his range of skill level. With the help of a DDA (Dynamic Difficulty Adjustment), the user will never matchup with someone of much higher or lower skill, but instead with someone of similar competitive level.

When the server meets the necessary players to start a game and allocates them to a game lobby, a message is broadcasted using sockets meaning that an opponent is found and therefore the game will start. Afterwards, when both users connect to the lobby, they are shown a different scenario, and while blind users have audio support given by the implemented voice assistant, deaf users will have their accessibility needs fulfilled by the Portuguese Sign language avatar. Moving towards to the first checkpoint, both players will have Morse cues (either by sound or image) and they have unlimited time to pick the correct answer. Next, a reply is sent to the server where user's answers will be processed and saved while the game is running. It was mentioned before that a DDA is used, and when playing the game, difficulty is adjusted using both user's correct answer streak.

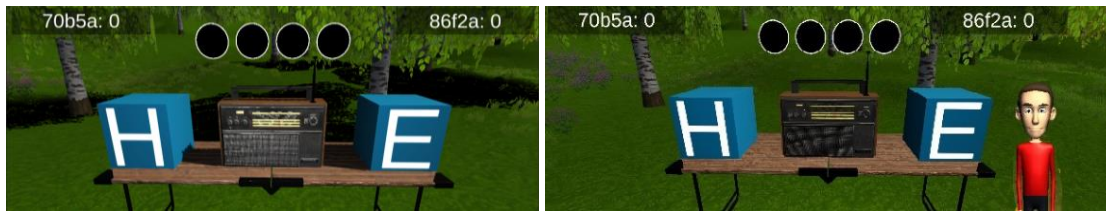


Figure 5. Checkpoint example in a matchup between a deaf user (left) and blind user (right) accessibility point of view

Since it is a multiplayer game, real time difficulty adjustment must be fair for both users so that one won't have a significant advantage against the other. Reaching the final checkpoint and answering the last Morse code message, judging by the answers given, server will then calculate the final score and present it via audio or image to all users inside the game lobby. While one-on-one and four users' modes have a competitive rating, cooperative mode doesn't have that, since its purpose is to let users help with each other along the way.

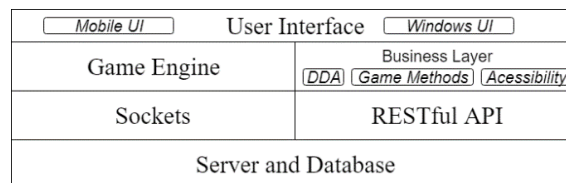


Figure 6. Morseline application architecture

The game is divided into four layers. At the top level there is the user interface. All game functionalities can be accessed through this layer by the user on his preferred device. Actions transmitted by the user go through the following layers. The second layer is where all client-side code is developed, with business layer component containing the DDA, game and accessibility scripts which linked with Unity offer an accessible front-end for its users. The next level which contains sockets and a RESTful API, help pass through information sent and received on users end between the game and server. The fourth layer represents the game back-end, where persistent data is stored with the help of an online hosted database hosted.

3. EVALUATION

We normally use three steps of the Social Networking Learning (Krouska *et al*, 2019) model to evaluate our learning objects:

1. *Pedagogical Module*
 - i. Teaching strategies: The principles and methods that are used for instruction.
 - ii. Learning outcome: The system analyses the achievement of the students' learning outcome during the tutoring process.
2. *Personalization*
 - i. Adaptive interface: It includes adaptive presentation and adaptive navigation. Adaptive presentation is to display certain information based on user's characteristics. For instance, the system will provide more detailed information and capabilities to a user with advanced knowledge level. Adaptive navigator intends to assist users in achieving their learning goals through the presentation of the appropriate options, such as enabling/disabling topics' links.
 - ii. Advice generator: It is a component that responds to user when an error is occurred, about the cause of the error, in order to help him or her.
 - iii. Error diagnosis: It is a module that can identify the category of assessment's mistakes based on associated misconceptions with the use of algorithmic approaches.
3. *Usability*
 - i. User interface friendliness: The system is easy to be learned and used

4. CONCLUSION

This work presented guidelines for the design of serious games for deaf and blind people. The process of building digital games, which is based on a diverse set of tasks, requires the structuring of a multidisciplinary team capable of developing pedagogical, linguistic and techniques. We hope that the guidelines provided alongside with system architectures designed for specific accessibility needs, help game designers and game developers to achieve successful implementation in inclusive games, so that players can have an enjoyable learning experience.

In this way, we conclude that the references of multimedia learning combined with the guiding principles of the education of the deaf and blind create a line of development possible, with innovation and interdisciplinary methods, to a deepening of knowledge capable of contributing to the qualitative expansion in the production of inclusive serious games.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by FCT/ COMPETE2020 – project ACE ref: PTDC/IVC-COM/5869/2014, POCI-01-0145-FEDER-016584), by ISEP (Instituto Superior de Engenharia do Porto), and GILT (Games, Interaction and Learning Technologies).

REFERENCES

- Avedon, E.M. & Sutton-Smith, B. (1971) *The Study of Games*. J. Wiley New York.
- Beksa, J. et al. (2015) Audio Games: Investigation of the Potential Through Prototype Development. In: Pradipta Biswas et al. (eds.). *A Multimodal End-2-End Approach to Accessible Computing*. Human-Computer Interaction Series. [Online]. London, Springer London. pp. 211–224. Available from: doi:10.1007/978-1-4471-6708-2_11 [Accessed: 27 May 2019].
- Cardoso, T. et al. (2016) Games’ “Social Tech Booster”. In: Carlos Vaz de Carvalho et al. (eds.). *Serious Games, Interaction, and Simulation*. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering. 2016 Springer International Publishing. pp. 119–126.
- Crawford, C. (1984) *The Art of Computer Game Design*. New York, NY, USA, McGraw-Hill, Inc.
- Csapó, Á. et al. (2015) A survey of assistive technologies and applications for blind users on mobile platforms: a review and foundation for research. *Journal on Multimodal User Interfaces*. [Online] 9 (4), 275–286. Available from: doi:10.1007/s12193-015-0182-7.
- Galasso, B.J.B. & Souza, D.T.R. de (2014) Educação online colaborativa: implicações teórico-metodológicas de uma nova modalidade de ensino e aprendizagem. *Revista História Hoje*. [Online] 3 (5), 43–60. Available from: doi:10.20949/rhhj.v3i5.125.
- Grammenos, D. et al. (2009) Designing Universally Accessible Games. *Comput. Entertain*. [Online] 7 (1), 8:1–8:29. Available from: doi:10.1145/1486508.1486516.
- Huizinga, J. (1970) *Homo Ludens: a study of the play element in culture*. London, Maurice Temple Smith Ltd.
- Krouska, M. et al. (2019). A literature review of Social Networking-based Learning Systems using a novel ISO-based framework. *Intelligent Decision Technologies*, 13 (1), 23-39.
- Mayer, R.E. (1997) *Multimedia learning: Are we asking the right questions? Educational Psychologist*, , 1. In: [Online]. 1997 p. Available from: doi:10.1207/s15326985ep3201_1.
- Mayer, R.E. (2005) *The Cambridge handbook of multimedia learning*. The Cambridge handbook of multimedia learning. [Online]. New York, NY, US, Cambridge University Press. Available from: doi:10.1017/CBO9780511816819.
- Paas, F. & Sweller, J. (2014) Implications of cognitive load theory for multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 2nd ed. [Online] 27–42. Available from: doi:10.1017/CBO9781139547369.004.
- Rodrigues, C.H. & Quadros, R.M. de (2015) Diferenças e linguagens: a visibilidade dos ganhos surdos na atualidade. *Revista Teias*. 16 (40), 72–88.
- Salvador-Ullauri, L. et al. (2017) *A Serious Game Accessible to People with Visual Impairments*. [Online]. Available from: doi:10.1145/3175536.3175576.
- Sørensen, B.H. & Meyer, B. (2007) *Serious Games in language learning and teaching - A theoretical perspective*.
- Sweller, J. (2005) Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: *The Cambridge handbook of multimedia learning*. [Online]. New York, NY, US, Cambridge University Press. pp. 19–30. Available from: doi:10.1017/CBO9780511816819.003.
- The Entertainment Software Association. *Essential Facts About The Computer and Video Game Industry 2018*. [Online]. Available from: <http://www.theesa.com/article/essential-facts-computer-video-game-industry-2018/> [Accessed: 27 May 2019].
- Zyda, M. (2005) From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*. [Online] 38 (9), 25–32. Available from: doi:10.1109/MC.2005.297.